

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE RÔLE DE LA VISION DANS LA PRODUCTION DE LA PAROLE :
ÉTUDE ARTICULATOIRE ET ACOUSTIQUE DES VOYELLES ORALES DU
FRANÇAIS QUÉBÉCOIS PRODUITES PAR DES LOCUTEURS VOYANTS ET
AVEUGLES

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN LINGUISTIQUE

PAR
ANNIE LECLERC

FÉVRIER 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Mes plus vifs remerciements s'adressent à Lucie, pour m'avoir offert l'immense opportunité de prendre part à cette aventure. Pour ta patience, ta confiance, ta générosité sans borne, et surtout, ta grande disponibilité, merci. De par ton énergie communicative et ton assiduité scientifique, tu as su me transmettre ta passion pour la recherche. En espérant que nos chemins se croisent à nouveau. Merci encore.

Merci également à Henrietta Jonas-Cedergren et Johanna-Pascale Roy pour avoir cordialement accepté d'être lectrices de ce mémoire. Chacune à votre façon, que ce soit par vos commentaires judicieux, ou votre aide technique, vous avez su m'assister au long de ce périple.

Je désire également remercier Mark Tiede, pour l'élaboration du programme LipTrack ainsi que pour sa disponibilité.

Un merci tout spécial s'adresse également aux participants de cette étude, qui ont fait preuve d'un professionnalisme langagier irréprochable. Merci de votre patience et de votre enthousiasme envers la recherche.

Je voudrais aussi remercier tous mes collègues du labo, en qui j'ai trouvé de véritables amis. Je pense particulièrement à Jérôme, Mélanie, Annie, Johanna, Amélie, Caroline et Marie-Ève. Pour votre disponibilité, votre soutien technique ou moral, vos encouragements, vos rires et vos histoires débordantes de rebondissements, merci.

Finalement, je remercie mes parents pour leurs encouragements constants dans la poursuite de mes études. Merci également à mes amis d'avoir compris mon investissement et l'importance que j'accordais à ce projet, et d'avoir accepté mes longs moments de réclusion. Bref, merci d'être là.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	xviii
RÉSUMÉ.....	xxiv
INTRODUCTION.....	1
PREMIÈRE PARTIE	
ÉTAT DE LA QUESTION.....	4
CHAPITRE I	
NOTIONS THÉORIQUES SUR LA PERCEPTION ET LA PRODUCTION DE LA PAROLE.....	5
1.1 Description des voyelles à l'étude.....	5
1.1.1 Propagation de l'onde sonore dans le conduit vocal.....	6
1.1.2 Description articulatoire des voyelles du français québécois	13
1.1.3 Corrélat articulatori-acoustiques et optico-visuels	16
1.1.4 Représentation des voyelles par tubes.....	18
1.1.5 Importance de la variabilité interlocuteurs.....	21
1.2 Théories de la perception de la parole.....	27
1.2.1 Théories auditives.....	27
1.2.2 Théories motrices.....	28
1.2.3 Théories de l'interaction locuteur-auditeur.....	30
1.2.4 Théorie du contrôle moteur de la parole par buts auditifs.....	32
1.3 L'emphase contrastive comme outil de recherche.....	34
CHAPITRE II	
PAROLE BIMODALE ET UNIMODALE AUDITIVE : L'APPORT DE LA VISION ET DE L'AUDITION	39
2.1 Apport de la vision.....	39
2.1.1 Perception de la parole dans le bruit.....	40
2.1.2 Paradigme McGurk.....	43
2.1.3 Lecture labiale et visèmes.....	44

2.2 Unimodalité auditive : le cas des aveugles.....	48
2.2.1 Habiletés en perception auditive des auditeurs aveugles.....	48
2.2.2 Habiletés en production de la parole : études développementales	57
DEUXIÈME PARTIE	
MÉTHODOLOGIE.....	64
CHAPITRE III	
PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE.....	65
3.1 Participants.....	66
3.1.1 Participants aveugles.....	67
3.1.2 Participants voyants.....	69
3.2 Corpus expérimental.....	70
3.3 Procédure d'enregistrement et instrumentation.....	72
3.4 Analyse des données acoustiques.....	74
3.5 Analyse de la géométrie des lèvres.....	78
3.6 Cas de figure de problèmes rencontrés lors de l'analyse de la dynamique labiale.....	84
3.7 Conclusion.....	90
TROISIÈME PARTIE	
RÉSULTATS ET ANALYSE.....	91
CHAPITRE IV	
ANALYSE DE LA DYNAMIQUE LABIALE : AIRE AUX LÈVRES ET PROTRUSION.....	92
4.1 Ampleur de la protrusion : arrondies versus non arrondies	93
4.2 Aire aux lèvres.....	104
4.3 Espaces articulatoires labiaux.....	117
4.3.1 Aire aux lèvres versus protrusion.....	118
4.3.2 Analyses discriminantes.....	124
4.3.3 Distances euclidiennes articulatoires.....	126
4.4 Conclusion.....	133
CHAPITRE V	
ANALYSE ACOUSTIQUE DES PRODUCTIONS VOCALIQUES.....	134
5.1 AVS : une mesure de dispersion vocalique.....	135
5.2 Distances euclidiennes : opposition des voyelles arrondies versus non arrondies.....	139

5.3 Corrélations articulatoire-acoustiques.....	145
5.4 Conclusion.....	150
QUATRIÈME PARTIE	
DISCUSSION ET REMARQUES CONCLUSIVES.....	151
CHAPITRE VI	
DISCUSSION.....	152
6.1 Stratégies articulatoires.....	152
6.2 Relations articulatoire-acoustiques : constat de variabilité.....	155
6.3 Apport de la condition prosodique d'emphase.....	160
6.4 Théories de la perception de la parole.....	162
6.5 Vision.....	167
CONCLUSION.....	169
ANNEXE	172
APPENDICE A	
ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LE LIEN PERCEPTION-PRODUCTION DE LA PAROLE..	173
APPENDICE B	
CORRÉLATS ACOUSTIQUES ET ARTICULATOIRES DE L'EMPHASE CONTRASTIVE : LOCUTEURS AVEUGLES VERSUS VOYANTS.....	183
B.1 Résumé de l'analyse articulatoire.....	184
B.2 Trapèzes vocaliques : variations des valeurs formantiques	187
B.3 Fréquence fondamentale, durée et intensité des voyelles.....	195
B.4 Discussion.....	205
B.5 Conclusion.....	208
APPENDICE C	
MESURES ARTICULATOIRES : AIRE AUX LÈVRES ET DE PROTRUSION.....	209
APPENDICE D	
DISTANCES EUCLIDIENNES DES DONNÉES ARTICULATOIRES.....	214
APPENDICE E	
ESPACES ARTICULATOIRES LABIAUX.....	220

APPENDICE F	
DONNÉES ACOUSTIQUES.....	232
APPENDICE G	
DISTANCES EUCLIDIENNES DES DONNÉES ACOUSTIQUES.....	256
APPENDICE H	
TRAPÈZES ACOUSTIQUES.....	262
BIBLIOGRAPHIE.....	275

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Coupe sagittale de l'appareil phonatoire d'un homme adulte.....	6
1.2 Vue supérieure du larynx et des cordes vocales en position fermée et ouverte.....	7
1.3 Vue latérale des muscles de la mâchoire.....	9
1.4 Vue de face des muscles faciaux.....	11
1.5 Représentation schématique des prototypes des voyelles [i], [y], [u] et [a] d'après les critères acoustiques de la Théorie de la Dispersion-Focalisation..	15
1.6 Paramètres labiaux utilisés dans la procédure de mesure géométrique des lèvres.....	18
1.7 Représentation du conduit vocal à l'aide du modèle à quatre tubes de résonance.....	19
1.8 Schématisation par tubes de résonance de la variabilité dans la production articulatoire de la voyelle [y] par deux locuteurs.....	22
1.9 Représentation des degrés de liberté du modèle articulatoire VLAM.....	24
1.10 Fibres articulatoires de la voyelle /u/, obtenues par VLAM, pour le conduit vocal d'un homme adulte de 21 ans.....	25
1.11 Domaine d'hyperarticulation et d'hypo-articulation en parole et fonctions des informations provenant du contexte et du signal.....	31
2.1 Taux d'intelligibilité en fonction de la condition de présentation des stimuli.....	41
2.2 Taux d'information transmise en condition unimodale acoustique et bimodale.....	42

2.3	Représentation des stimuli visuels, sur les plans A/B et B/S (A= largeur interolabiale, B= hauteur interolabiale et S=aire aux lèvres).....	47
3.1	Dispositif expérimental.....	73
3.2	Exemple d'étiquetage du mot cible dans Praat.....	74
3.3	Exemple de trapèze vocalique tracé dans l'espace acoustique F1 versus F2 (en Hertz) à partir des valeurs formantiques des quatre voyelles produites...	76
3.4	Schéma illustrant les critères d'analyse des ellipses selon quatre cas de figure.....	77
3.5	Vue de face et de profil de l'interface du programme Liptrack.....	78
3.6	Paramètres frontaux et latéraux de la géométrie des lèvres.....	80
3.7	Fenêtre principale de l'analyse des signaux de mesures articulatoires de type général dans <i>Trap</i>	81
3.8	Prises de mesure du maximum d'aire et du maximum ou minimum de protrusion selon la voyelle dans le programme <i>Trap</i>	83
3.9	Exemple de mauvaise détection de l'aire aux lèvres en raison d'une luminosité non uniforme.....	85
3.10	Exemple de mauvaise détection de la protrusion de la lèvre supérieure en raison d'une plus grande proéminence de la lèvre inférieure chez le locuteur MAR_a.....	85
3.11	Fenêtre réduite de la lèvre supérieure seulement afin d'obtenir une détection adéquate du point maximal de protrusion de la lèvre supérieure....	86
3.12	Modification de l'angle de la tête du locuteur YL_a causant des erreurs de détection.....	87
3.13	Fenêtre réduite de la lèvre supérieure afin d'obtenir une détection adéquate du point maximal de protrusion du bout de la lèvre.....	88
3.14	Exemple de plateau dans l'analyse labiale.....	88
3.15	Exemple du phénomène de compression des tissus des lèvres.....	89
4.1	Ampleur du mouvement de protrusion des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles selon la condition prosodique.....	96

4.2	Moyennes et écarts types de l'ampleur du mouvement de protrusion pour le groupe de locuteurs voyants et le groupe de locuteurs aveugles selon la condition prosodique.....	97
4.3	Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cibles contenant la consonne [b] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.....	99
4.4	Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cibles contenant la consonne [d] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.....	100
4.5	Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cibles contenant la consonne [g] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.....	102
4.6	Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [a] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	106
4.7	Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [i] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	107
4.8	Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [u] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	109
4.9	Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [y] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	110
4.10	Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [a] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	112
4.11	Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [i] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	113
4.12	Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [u] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	114
4.13	Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [y] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	115

4.14	Espaces articulatoires labiaux de la locutrice CE_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	119
4.15	Espaces articulatoires labiaux de la locutrice JPR_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	119
4.16	Espaces articulatoires labiaux du locuteur MBA_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	120
4.17	Espaces articulatoires labiaux du locuteur MO_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	120
4.18	Espaces articulatoires labiaux de la locutrice FB_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	122
4.19	Espaces articulatoires labiaux de la locutrice DM_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	122
4.20	Espaces articulatoires labiaux du locuteur MAR_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	123
4.21	Espaces articulatoires labiaux du locuteur YL_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.....	123
4.22	Distances euclidiennes opposant les voyelles [a u] et [a y] en condition d'emphase, sans distinction du contexte consonantique, pour les locuteurs aveugles et les locuteurs voyants.....	127
4.23	Distances euclidiennes opposant les voyelles [i u] et [i y] en condition d'emphase, sans distinction du contexte consonantique, pour les locuteurs aveugles et les locuteurs voyants.....	128
4.24	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction du contexte consonantique, pour chaque locuteur.....	129
4.25	Distances euclidiennes de la voyelle [a] opposant chaque couple de contexte consonantique, en condition prosodique d'emphase.....	130
4.26	Espaces articulatoires labiaux du locuteur MO_v pour chaque contexte consonantique en condition d'emphase, et distances euclidiennes.....	131
4.27	Espaces articulatoires labiaux du locuteur YL_a pour chaque contexte consonantique en condition d'emphase, et distances euclidiennes	132

5.1	AVS de chacune des locutrices, selon le contexte consonantique pour les deux conditions prosodiques.....	135
5.2	AVS de chacun des locuteurs, selon le contexte consonantique, pour les deux conditions prosodiques.....	136
5.3	Variation de l'AVS de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chacun des contextes consonantiques.....	137
5.4	Distances euclidiennes opposant les paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] en condition neutre pour tous les contextes consonantiques confondus.....	139
5.5	Distances euclidiennes opposant les paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] en condition d'emphasis pour tous les contextes consonantiques confondus..	140
5.6	Variations des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphasis dans le contexte consonantique [b].....	142
5.7	Variations des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphasis dans le contexte consonantique [d].....	143
5.8	Variations des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphasis dans le contexte consonantique [g].....	144
5.9	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour la locutrice voyante CE_v.....	146
5.10	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour la locutrice voyante JPR_v.....	146
5.11	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour le locuteur voyant MBA_v.....	147

5.12	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour le locuteur voyant MO_v.....	147
5.13	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour la locutrice aveugle FB_a.....	148
5.14	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour la locutrice aveugle DM_a.....	148
5.15	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour le locuteur aveugle MAR_a.....	149
5.16	Corrélations de F2 et de F3 avec le mouvement de protrusion pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour le locuteur aveugle YL_a.....	149
6.1	Représentation des stimuli visuels sur le plan de la hauteur interolabiale versus l'aire aux lèvres.....	153
6.2	Effets acoustiques de la simulation articulaire des voyelles [y] et [u] en position canonique, sans protrusion et après compensation linguale d'un locuteur adulte.....	158
6.3	Schématisation par tubes de résonance de la compensation articulaire d'une faible protrusion labiale dans la production de la voyelle [y].....	159
6.4	Espaces articulaires labiaux et espaces acoustiques du locuteur voyant MBA_v selon la condition prosodique.....	165
6.5	Espaces articulaires labiaux et espaces acoustiques du locuteur aveugle MAR_v selon la condition prosodique.....	166
A.1	Exemples des deux patrons d'activité musculaire du génioglosse.....	175
A.2	Distribution du décalage de la frontière phonémique pour les dix sujets.....	176
A.3	Localisation des marqueurs d'EMA durant la production des stimuli <i>cod</i> (/ɑ/) et <i>cud</i> (/ʌ/) par une des locutrices.....	177

A.4	Séparation entre le corps de la langue (TB) selon la production des deux paires vocaliques [hud]-[hud] et [kad]-[kad] pour les <i>bons discriminateurs</i> et les <i>mauvais discriminateurs</i>	178
A.5	Illustration de l'utilisation de l'effet de saturation dans le contraste entre [s] et [ʃ].....	179
A.6	Valeurs moyennes de la proportion de la durée des fricatives pour lesquelles il y a contact, pour les 19 sujets.....	181
A.7	Valeurs de séparation des catégories acoustiques versus les différences de contact et les résultats de discrimination.....	182
B.1	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice voyante CE_v dans les deux conditions prosodiques.....	188
B.2	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice voyante JPR_v dans les deux conditions prosodiques.....	188
B.3	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur voyant MBA_v dans les deux conditions prosodiques.....	189
B.4	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur voyant MO_v dans les deux conditions prosodiques.....	189
B.5	Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis des voyelles [a], [i], [u] et [y] en contexte [b] pour les locuteurs voyants.....	190
B.6	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice aveugle FB_a dans les deux conditions prosodiques.....	191
B.7	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice aveugle DM_a dans les deux conditions prosodiques.....	191
B.8	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur aveugle MAR_a dans les deux conditions prosodiques.....	192

B.9	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur aveugle YL_a dans les deux conditions prosodiques.....	192
B.10	Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis des voyelles [a], [i], [u] et [y] en contexte [b] pour les locuteurs aveugles.....	193
B.11	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice voyante CE_v.....	196
B.12	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice voyante JPR_v.....	197
B.13	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur voyant MBA_v.....	198
B.14	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur voyant MO_v.....	199
B.15	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice aveugle FB_a.....	201
B.16	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice aveugle DM_a.....	202
B.17	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur aveugle MAR_a.....	203

B.18	Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale, de la durée et de l'intensité des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur aveugle YL_a.....	204
B.19	Moyennes et écart type de la durée des voyelles selon la condition pour chaque groupe de locuteurs, ainsi que pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis.....	207
E.1	Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice CE_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	221
E.2	Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice JPR_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	222
E.3	Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MBA_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	224
E.4	Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MO_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	225
E.5	Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice FB_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	227
E.6	Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice DM_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	228
E.7	Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MAR_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	230
E.8	Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur YL_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.....	231
H.1	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice voyante CE_v pour les deux conditions prosodiques.....	263
H.2	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice voyante JPR_v pour les deux conditions prosodiques.....	264
H.3	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur voyant MBA_v pour les deux conditions prosodiques.....	266

H.4	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur voyant MO_v pour les deux conditions prosodiques.....	267
H.5	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice aveugle FB_a pour les deux conditions prosodiques.....	269
H.6	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice aveugle DM_a pour les deux conditions prosodiques.....	270
H.7	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur aveugle MAR_a pour les deux conditions prosodiques.....	272
H.8	Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur aveugle YL_a pour les deux conditions prosodiques.....	273

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Muscles extrinsèques et intrinsèques assurant les mouvements de la langue.....	10
1.2 Classification articulatoire des voyelles orales du français québécois.....	13
1.3 Estimation de la longueur du conduit vocal, du pharynx et de la cavité orale.....	16
1.4 Corrélats acoustiques et visuels des variables articulatoires.....	17
1.5 Affiliations formants-cavités des voyelles [i], [y], [u] et [a] modélisées chez l'homme adulte.....	20
1.6 Paramètres de commande du modèle articulatoire réaliste de Maeda et articulateurs associés.....	23
2.1 Échelle de robustesse des traits vocaliques de la perception des voyelles dans le bruit.....	42
2.2 Synthèse des résultats des études sur la perception auditive.....	56
2.3 Pourcentage de bonnes productions des consonnes initiales selon la visibilité des mouvements articulatoires du son chez les enfants voyants et aveugles.....	60
3.1 Classification des atteintes de la vision selon leur gravité, définie dans la CIM-10 de l'OMS (1993).....	68
3.2 Données sociodémographiques et cliniques des participants aveugles.....	69
3.3 Données sociodémographiques des participants normo-voyants.....	70

3.4	Corpus expérimental d'enregistrement.....	71
3.5	Critères d'analyse d'aire aux lèvres et de protrusion selon la voyelle.....	83
4.1	Valeurs maximales et minimales de protrusion pour chacun des locuteurs (en cm), différence entre ces deux extrêmes et mots cibles dans lesquels ont été trouvées ces valeurs.....	94
4.2	Résultats de l'ANOVA sur les valeurs moyennes de l'ampleur de protrusion de chaque groupe de locuteurs, avec les variables indépendantes <i>consonnes</i> et <i>conditions</i>	97
4.3	Résultats de l'ANOVA sur les valeurs moyennes d'aire aux lèvres pour chaque groupe de locuteurs, avec les variables indépendantes <i>consonnes voyelles</i> et <i>conditions prosodiques</i>	105
4.4	Comparaisons planifiées entre les différents contextes consonantiques pour chaque groupe de locuteurs, sans distinction de la condition prosodique.....	111
4.5	Comparaisons planifiées opposant les deux groupes de locuteurs selon les variables indépendantes <i>consonnes</i> et <i>voyelles</i> , sans distinction de la condition prosodique.....	116
4.6	Résultats de l'analyse discriminante opposant les voyelles arrondies et les voyelles non arrondies selon les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion combinés pour chaque locuteur selon la condition prosodique.....	125
4.7	Résultats de l'analyse discriminante opposant les voyelles arrondies et les voyelles non arrondies selon les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion pris séparément pour chaque locuteur selon la condition prosodique.....	125
5.1	Comparaison de l'AVS des différents contextes consonantiques selon la condition prosodique, et pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque locuteur.....	138
5.2	Comparaison des distances euclidiennes des paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] selon la condition prosodique, et pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque locuteur.....	141
6.1	Comparaison des mesures d'aire aux lèvres (en cm) de la production des voyelles [a] et [i] par le locuteur de l'étude de Robert-Ribès et al. (1998) et les locuteurs voyants et aveugles de la présente étude.....	154

6.2	Prototype, variation du paramètre de protrusion et compensation linguale du corps de la langue et du dos de la langue pour la voyelle [y].....	157
6.3	Prototype, variation du paramètre de protrusion et compensation linguale du corps de la langue et du dos de la langue pour la voyelle [u].....	157
6.4	Comparaisons planifiées entre les différents contextes consonantiques pour chaque groupe de locuteurs, sans distinction de la condition prosodique.....	161
B.1	Ampleur de protrusion pour chaque contexte consonantique selon la condition prosodique et pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque locuteur.....	184
B.2	Comparaisons planifiées sur les mesures d'ampleur de protrusion entre la condition neutre et la condition d'emphasis selon le contexte consonantique, pour chaque groupe de locuteurs.....	185
B.3	Mesure d'aire aux lèvres des voyelles [a] et [i], sans distinction du contexte consonantique, selon la condition prosodique et pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque locuteur.....	186
B.4	Comparaisons planifiées sur les mesures d'aire aux lèvres entre la condition neutre et la condition d'emphasis selon le contexte consonantique, pour chaque groupe de locuteurs.....	187
B.5	Comparaisons planifiées sur les valeurs de F1 de chaque voyelle entre la condition neutre et la condition d'emphasis pour chaque groupe de locuteurs.....	194
B.6	Effets articulatoires et acoustiques de l'emphasis pour chaque groupe de locuteurs.....	206
C.1	Moyennes et écart type d'aire aux lèvres et de protrusion selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	209
C.2	Moyennes et écart type d'aire aux lèvres et de protrusion selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	211
D.1	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs voyants.....	214

D.2	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs aveugles.....	214
D.3	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs voyants.....	215
D.4	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs aveugles.....	215
D.5	Distances euclidiennes opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants.....	215
D.6	Distances euclidiennes opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles.....	216
D.7	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants.....	217
D.8	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles.....	218
D.9	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs voyants.....	219
D.10	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs aveugles.....	219
F.1	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type des valeurs de formantique F1 et F2 des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	232
F.2	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type des valeurs de formantique F1 et F2 des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	234

F.3	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type des valeurs de formantique F3 et F4 des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	237
F.4	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type des valeurs de formantique F3 et F4 des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	239
F.5	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de la valeur de la fréquence fondamentale des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	241
F.6	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de la valeur de la fréquence fondamentale des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	244
F.7	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de la durée de la voyelle, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	246
F.8	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de la durée de la voyelle, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	248
F.9	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de l'intensité de la voyelle, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants.....	251
F.10	Nombre d'occurrences, moyennes et écart type de l'intensité de la voyelle, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles.....	253
G.1	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs voyants.....	256
G.2	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs aveugles.....	256
G.3	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs voyants.....	257
G.4	Distances euclidiennes opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs aveugles.....	257

G.5	Distances euclidiennes opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants.....	257
G.6	Distances euclidiennes opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles.....	258
G.7	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants.....	259
G.8	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles.....	260
G.9	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs voyants.....	261
G.10	Distances euclidiennes opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs aveugles.....	261

RÉSUMÉ

Ce mémoire vise à étudier le rôle des indices visuels (le mouvement des lèvres et de la mâchoire) dans les mécanismes de production sous-tendant la parole chez l'adulte, plus particulièrement dans la réalisation de la distinction binaire arrondi/non arrondi des unités vocaliques. Par la privation sensorielle qu'elle engendre, la cécité constitue un paradigme expérimental privilégié pour mesurer l'influence de la vision dans le processus de parole. Des données de nature acoustique et articulatoire de la production des voyelles orales [a i u y] du français québécois produites par quatre adultes présentant une cécité congénitale et quatre adultes normo-voyants ont été analysées dans le but de mesurer l'impact de la modalité visuelle sur la réalisation des gestes articulatoires. Plus spécifiquement, l'analyse de données articulatoires du mouvement des lèvres a permis de caractériser la dynamique labiale, en terme d'aire aux lèvres et de protrusion, dans la production des voyelles non arrondies [a i] et arrondies [u y], dans les environnements consonantiques [b], [d] et [g]. Aussi, l'analyse de l'organisation articulatoire-acoustique de ces quatre voyelles a été effectuée afin de déterminer si les caractéristiques acoustiques des productions des deux populations étaient similaires. Ces données ont également permis de vérifier dans quelle mesure les paramètres acoustiques pouvaient refléter les configurations labiales utilisées par chaque population. L'intégration de la condition prosodique d'emphase contrastive avait pour but de créer un environnement propice à la production de gestes articulatoires maximaux correspondant aux traits canoniques des segments. L'ampleur de la protrusion s'est avérée significativement plus importante chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles et ce, tant en condition neutre qu'en condition d'emphase. Quant au paramètre d'aire aux lèvres, les comportements articulatoires ont été plutôt similaires entre les deux groupes, quoique les locuteurs voyants aient présenté des valeurs légèrement supérieures. En somme, l'analyse des espaces articulatoires labiaux et des distances euclidiennes articulatoires ainsi que les analyses discriminantes ont permis de confirmer notre hypothèse générale selon laquelle les locuteurs non voyants allaient produire une dynamique labiale moins importante. Or, cette distinction au plan articulatoire ne s'est pas traduite par des conséquences acoustiques dissimilaires, ce qui confirme l'existence d'un invariant de nature acoustique. Une importante variabilité est observée, ne révélant aucune tendance intergroupe spécifique. Afin de rendre compte de cette différence articulatoire-acoustique, nous avons proposé l'hypothèse selon laquelle les locuteurs aveugles compensaient leur faible protrusion par une stratégie de postériorisation linguale. Cependant, des analyses du mouvement de l'articulateur lingual doivent être menées auprès de cette population afin de confirmer cette hypothèse. En explorant les mécanismes de production de la parole dans une perspective multimodale, ce mémoire renforce l'idée selon laquelle la vision joue un rôle fonctionnel dans la production et la perception de la parole, processus fortement interreliés.

Mots clés : phonétique, vision, production de la parole, articulatoire, acoustique, voyelles.

INTRODUCTION

L'acquisition de la parole constitue un processus fort complexe impliquant, entre autres, des modifications anatomiques de l'instrument vocal, l'émergence du contrôle moteur et l'acquisition des capacités de perception. Ces processus permettent l'édification des modèles internes de chaque jeune locuteur, lesquels relient les configurations articulatoires à leur cible acoustique. Or, des contraintes physiques, notamment certaines privations sensorielles, peuvent rendre cette acquisition plus ardue. Contrairement à la surdité, la cécité n'a reçu que peu d'attention relativement à la perception et à la production de la parole. Cependant, de nombreux paradigmes expérimentaux ont démontré l'apport fonctionnel de la vision dans ces mécanismes. De fait, l'Effet McGurk et les études sur la perception de la parole dans le bruit témoignent du rôle pertinent de la perception du mouvement des lèvres et de la mâchoire dans la distinction des contrastes vocaliques et consonantiques.

Par la privation sensorielle qu'elle engendre, la cécité constitue un paradigme expérimental privilégié pour mesurer l'influence de la vision dans le processus de parole. Néanmoins, à l'exception de quelques études développementales, on ne compte que l'étude de Göllesz (1972) ayant porté sur l'impact de la privation visuelle sur la production articulatoire de la parole, chez des adolescents n'ayant pas atteint pleine maturité de leur organe phonatoire.

Dans le but d'apporter une certaine lumière à l'apport de cette modalité sur la planification des gestes articulatoires, nous proposons une étude du rôle des indices visuels dans les mécanismes de production sous-tendant la parole chez l'adulte, plus particulièrement dans la réalisation de la distinction binaire arrondi/non arrondi des unités vocaliques. À cette fin, des données de nature acoustique et articulatoire de la production des voyelles orales [a i u y] du français québécois de quatre adultes présentant une cécité congénitale et quatre adultes normo-voyants seront analysées. Plus spécifiquement, nos objectifs se résument en trois volets :

- Articulatoire
 - o Décrire la dynamique labiale de la production des quatre voyelles [a], [i], [u] et [y] en termes d'aire aux lèvres et de protrusion des participants voyants et non voyants.
- Acoustiques
 - o Décrire l'organisation articulatoire-acoustique des voyelles [a], [i], [u] et [y] produites par les participants voyants et non voyants.
- Relations articulatoire-acoustiques
 - o Relier les productions articulatoires aux conséquences acoustiques des quatre voyelles ([a], [i], [u] et [y]) produites par les participants voyants et non voyants.

L'objectif relié à la description de la dynamique labiale caractérisera le trait articulatoire d'arrondissement en jeu dans la distinction des voyelles arrondies versus les voyelles non arrondies. Celui d'ordre acoustique permettra d'une part de vérifier si, dans le cas de différences articulatoires entre les deux groupes de locuteurs, les conséquences acoustiques sont similaires, et d'autre part, de confirmer les résultats obtenus par Dupont (2006), lesquels n'ont démontré aucune différence acoustique entre la production des locuteurs aveugles et voyants. Les volets articulatoire et acoustique seront ensuite reliés afin de décrire les relations articulatoire-acoustiques des voyelles. En somme, nous serons en mesure de spécifier les stratégies articulatoires utilisées par ces deux populations afin d'atteindre les cibles acoustiques correspondant aux voyelles [a], [i], [u] et [y].

Nous proposons donc dans un premier temps, au chapitre 1, un survol des notions théoriques sous-tendant les mécanismes de production et de perception de la parole, notamment en ce qui concerne le substrat de parole étudié, soit les voyelles, et les grandes théories de la perception de la parole.

Le second chapitre, quant à lui, permettra de préciser d'une part l'apport de la vision dans le processus de parole bimodale et d'autre part, l'impact de la privation sensorielle de cette modalité chez la population non voyante en ce qui a trait à leurs habiletés en perception et en production de la parole.

Le chapitre 3 présente le protocole expérimental utilisé dans le but d'atteindre nos objectifs d'ordre articulatoire et acoustique.

Les résultats, quant aux gestes labiaux d'aire aux lèvres et de protrusion produits par les deux populations, feront l'objet du chapitre 4. Les résultats acoustiques, lesquels permettront de vérifier si, dans le cas de différences articulatoires, les deux groupes de locuteurs produisent les mêmes cibles acoustiques, seront mis en lumière au chapitre 5.

Finalement, le chapitre 6 propose une discussion des résultats acoustiques et articulatoires obtenus dans le cadre de ce mémoire en lien avec les notions théoriques exposées aux deux premiers chapitres. Nous terminerons par certaines remarques conclusives, ainsi que par des suggestions de pistes exploratoires de recherches futures.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTAT DE LA QUESTION

CHAPITRE I

NOTIONS THÉORIQUES SUR LA PERCEPTION ET LA PRODUCTION DE LA PAROLE

Au cours de ce premier chapitre, nous explorerons les mécanismes de production et de perception inhérents à la parole bimodale. De nombreux modèles théoriques ont été proposés durant les dernières années afin d'expliquer ces processus ainsi que leur interaction. L'objectif principal de ces travaux était d'évaluer s'il existe ou non des liens entre les stratégies ou mécanismes sous-jacents à la planification motrice et les caractéristiques sensorielles. Mais d'abord, nous proposons une revue synthétique de quelques notions phonétiques sur le substrat de parole étudié, soit les voyelles du français québécois.

1.1 Description des voyelles à l'étude

Les voyelles constituent de parfaites unités linguistiques pour étudier la production articulatoire de la parole puisqu'elles résultent de l'effort concerté de nombreux articulateurs. En fait, le conduit vocal entier, c'est-à-dire du larynx aux lèvres, doit être contrôlé lors de leur production, contrairement aux consonnes pour lesquelles seul un contrôle local en un point du conduit vocal est requis. Par exemple, l'articulation du [u] nécessite un contrôle des lèvres, de la langue et du larynx, alors que pour la production de [p], seul un contact entre la lèvre inférieure et la lèvre supérieure est nécessaire.

Afin de bien saisir les différences articulatoire-acoustiques entre les voyelles, nous ferons dans un premier temps une description succincte de la propagation de l'onde sonore dans le conduit vocal en spécifiant le rôle joué par certains muscles. Par la suite, nous effectuerons une description articulatoire des voyelles, nous présenterons leurs différents

corrélats articulatoire-acoustiques et optico-visuels, et finalement nous aborderons les thèmes de la représentation des voyelles par tubes (lesquels permettent de relier les caractéristiques articulatoires et acoustiques des voyelles) ainsi que de la variabilité.

1.1.1 Propagation de l'onde sonore dans le conduit vocal

La couleur spécifique de chacun des phonèmes du français est conférée par l'action concertée de nombreux articulateurs que sont la mâchoire, les lèvres, la langue, le vélum et le larynx, lesquels sont illustrés à la figure 1.1.

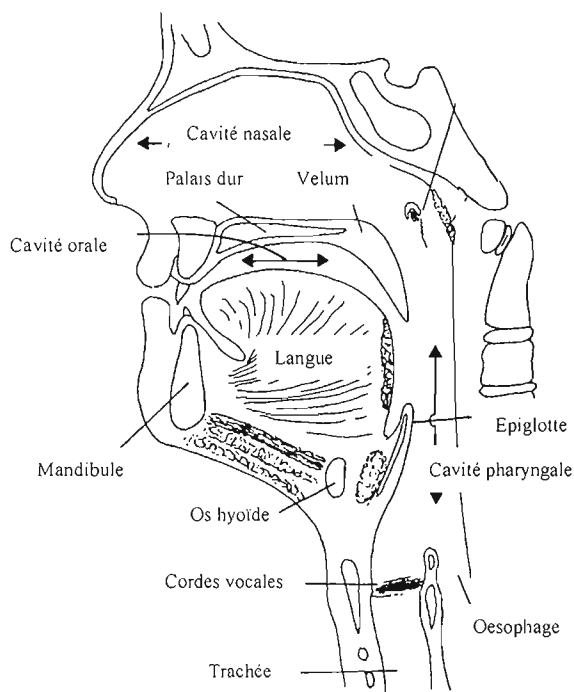


Figure 1.1 Coupe sagittale de l'appareil phonatoire d'un homme adulte (adaptée de Kent, 1997, p.142).

Les poumons, le larynx et les cavités supra-glottiques constituent les trois grandes composantes de l'appareil phonatoire humain par lesquelles l'onde sonore doit passer afin de devenir un phonème particulier (Martin, 1996). Les poumons, ayant comme principale fonction d'oxygéner l'organisme, fournissent l'air nécessaire à la production des sons. Durant

la phase d'expiration, la masse pulmonaire se rétrécit de telle sorte que l'air doit être expulsé des poumons. C'est lors de cette phase que la majorité des sons humains sont produits (Martin, 1996).

Le flux d'air dégagé par les poumons se dirige vers le larynx, endroit qui rend possible la phonation puisqu'il abrite les cordes vocales. Les cordes vocales, deux membranes musculaires muqueuses, sont situées de part et d'autre du muscle thyro-aryténoïdien et sont fixées sur les aryténoïdes (Kent, 1997). Sous l'impulsion de l'air provenant des poumons, les cordes vocales vibrent, c'est-à-dire qu'elles s'ouvrent et se ferment rapidement afin de produire des phonèmes particuliers. En fait, lors de la phonation, elles peuvent être ouvertes et immobiles afin de produire des sons sourds ou elles peuvent vibrer, générant des sons voisés. La figure 1.2 présente schématiquement le mouvement des cordes vocales.

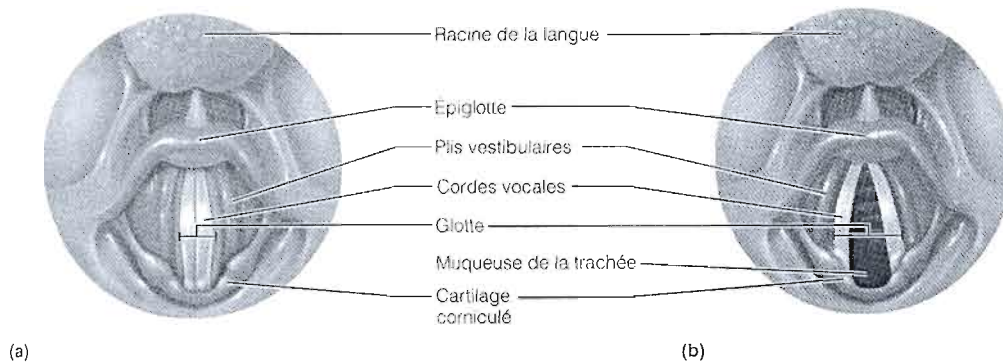


Figure 1.2 Mouvements des cordes vocales ; vues supérieures du larynx et des cordes vocales. a) Cordes vocales en position fermée. b) Cordes vocales en position ouverte (tirée de Marieb, 2005).

Lors de la respiration, les cordes vocales doivent être ouvertes totalement, générant une ouverture de la glotte. Leur fermeture provoque une augmentation de la pression sous-glottique, laquelle a pour conséquence de forcer l'ouverture de la glotte. Lorsque la pression baisse, les cordes vocales se referment. Ce phénomène, appelé *Effet de Bernoulli*, se produit plusieurs fois par seconde (Martin, 1996), générant ainsi la sonorité de la parole. La fréquence de vibration des cordes vocales, correspondant à la hauteur de la voix (ou

fréquence fondamentale), est fonction de la pression d'air provenant des poumons ainsi que de la tension des muscles du larynx¹.

Toutefois, le son qui sort de la glotte ne ressemble en rien à un phonème. Le patron de résonance de l'onde sonore se module par la forme des cavités du conduit vocal selon le jeu complexe de la mâchoire, des lèvres, de la langue et du voile du palais.

Le voile du palais, aussi appelé palais mou, est une structure mobile pouvant se détacher de la paroi pharyngale distinguant les sons nasaux des sons oraux (Martin, 1996). Lorsque le voile du palais est collé à la paroi pharyngale, bloquant l'accès à la cavité nasale, l'air provenant des poumons se rend uniquement dans la cavité orale, générant un phonème à résonance orale. Par contre, lorsque le voile se détache de la paroi, l'air se rend dans la cavité nasale créant ainsi une résonance nasale.

Au niveau de la cavité orale, différentes structures permettent de moduler l'onde sonore : la mâchoire, la langue et les lèvres. D'abord, la mâchoire, en plus de jouer un rôle important dans la mastication des aliments, assiste la production de la parole en faisant appel à trois muscles principaux : le masséter, le temporal et les ptérygoïdiens (Marieb, 2005) (figure 1.3).

¹ Le crico-thyroïde, le crico-aryténoïde postérieur, le crico-aryténoïde latéral, le thyro-aryténoïde et l'inter-aryténoïde sont des muscles du larynx.

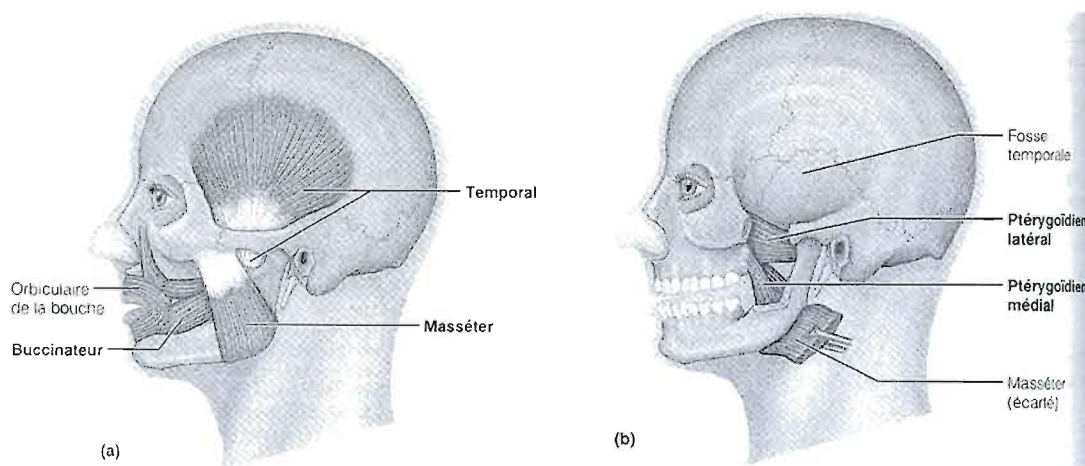


Figure 1.3 Muscles de la mâchoire. a) Vue latérale des muscles temporal, masséter et buccinateur. b) Vue latérale des muscles profonds ptérygoïdiens médial et latéral (tirée de Marieb, 2005).

Le muscle masséter (masticateur) trouve son origine dans l'arcade zygomatique et l'os maxillaire (Kent, 1997). Sa contraction a pour conséquence d'élever la mandibule et de fermer la mâchoire. Le temporal est un muscle en forme d'éventail trouvant son origine à la fosse temporale. Il permet de fermer la bouche en élevant et rétractant la mandibule. Finalement, la paire de muscles ptérygoïdiens, le médial et le latéral, sont profonds et en grande partie cachés par l'os mandibulaire. Leur contraction, souvent complémentaire, permet d'élever la mandibule et de la propulser vers l'avant, et assure les mouvements latéraux et de va-et-vient (Marieb, 2005).

La langue est un hydrostat musculaire, un organe composé de muscles qui forment son propre squelette pour supporter les mouvements et ainsi subir les changements de forme relativement à ce squelette (Kent, 1997). Elle est insensible aux pressions physiologiques et peut ainsi bouger dans n'importe quelle dimension seulement en faisant des changements compensatoires dans une autre dimension (Kent, 1992). Les différents muscles qui forment la langue sont divisés classiquement en deux groupes : les intrinsèques et les extrinsèques (Kent, 1997). Les muscles intrinsèques forment une matrice tridimensionnelle de fibres motrices dans la langue et sont responsables des mouvements fins et des ajustements délicats de sa forme. Les muscles extrinsèques connectent la langue aux structures environnantes

comme la mandibule, l'os hyoïde et le pharynx. Le tableau suivant présente sept muscles² de la langue ainsi que leurs fonctions respectives.

Tableau 1.1
Muscles assurant les mouvements de la langue
(tiré en partie de Marieb, 2005 et Martin, 1996)

Muscles	Actions	Origine
Génioglosse	Baisse ou élève la pointe de la langue ; avance la racine de la langue.	Extrinsèque
Styloglosse	Élève et rétracte la langue contre le voile du palais; tire la masse de la langue vers l'arrière.	Extrinsèque
Hyoglosse	Abaisse la langue et en tire les côtés vers le bas.	Extrinsèque
Longitudinal supérieur	Élève la pointe de la langue.	Intrinsèque
Longitudinal inférieur	Abaisse la pointe de la langue.	Intrinsèque
Transversal	Rend la pointe de la langue moins large.	Intrinsèque
Vertical	Aplatit la pointe de la langue	Intrinsèque

Grâce à sa musculature, la langue peut accomplir une multitude de mouvements tels se rétracter, se protrure, bouger de gauche à droite, d'avant en arrière et de haut en bas, etc. La langue peut être fonctionnellement divisée en trois parties : le dos, la racine et l'apex (Kent, 1997), lesquelles s'avèrent importantes pour la description des actions linguales. De fait, Boë et al. (1992), dans une étude portant sur la modélisation articulatoire, proposent que les composantes corps, dos, apex (et mâchoire) expliquent 88% de la variance de la forme géométrique de la langue.

Lorsque la langue s'approche considérablement ou s'appuie sur la voûte palatine, les dents ou le pharynx (créant une occlusion), elle empêche l'air des poumons de passer et contribue à générer un phonème consonantique. Par contre, lorsqu'elle reste assez éloignée de la voûte, l'air est libre de passer, permettant la production des voyelles. En définitive, l'action des muscles de cet articulateur permet de distinguer les différents lieux d'articulation des voyelles et des consonnes selon l'endroit où il se situe dans la cavité orale. Également, de

² On compte également le pharyngoglosse, le palatoglosse, l'amygdaloglosse et le chondroglosse comme muscles de la langue (Kent, 1997).

concert avec les muscles de la mâchoire, ceux de la langue jouent un rôle quant à l'aperture des voyelles.

L'articulateur labial que forment les lèvres fait appel à de nombreux muscles, lesquels permettent, selon leur action, de créer un résonateur supplémentaire, la cavité labiale. Les lèvres peuvent être projetées vers l'avant, générant une articulation arrondie, ou rétractée, créant une articulation non arrondie. Les muscles faciaux qui agissent sur les lèvres ou qui les forment sont présentés à la figure 1.4.

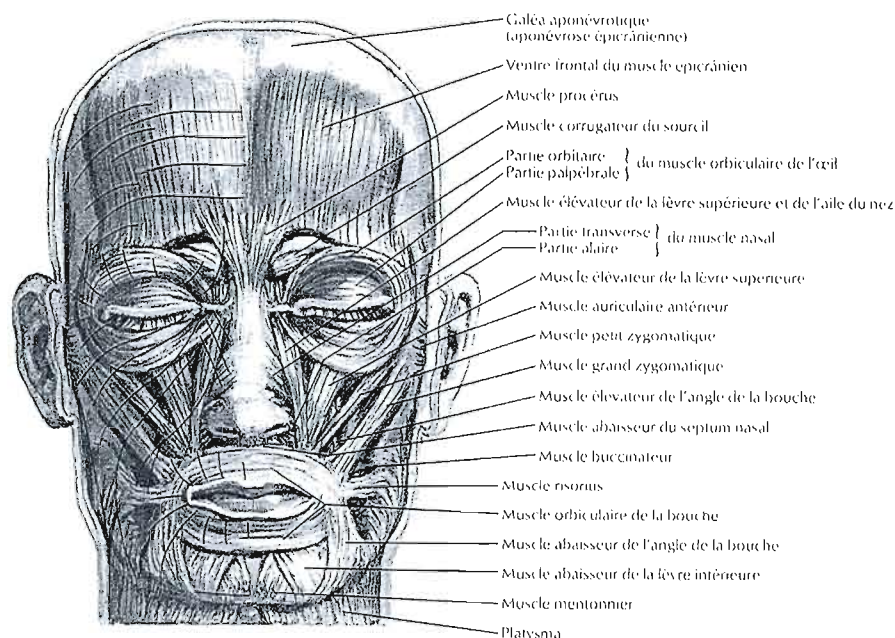


Figure 1.4 Vue de face des muscles faciaux (tirée de Netter, 2002).

Dans le cadre de ce travail, nous ne retiendrons que quelques-uns d'entre eux : les muscles ayant un rôle direct à jouer dans la production des mouvements labiaux de protrusion et d'aperture. Cette description s'appuie en grande partie sur le travail de Gentil (1980), Roy (2004) et Marieb (2005).

D'abord, quand on considère une voyelle arrondie, telle que le /o/, deux mouvements sont nécessaires, un mouvement de protrusion (projection) et un autre d'arrondissement, c'est-à-dire un mouvement de retournement (éversion) des lèvres inférieures et supérieures

(Maeda & Vaxelaire, com. pers., citée dans Roy, 2004). Ces mouvements sont assurés en grande partie par l'orbiculaire des lèvres (*orbicularis oris*), muscle qui entoure la bouche. Spécifiquement, son action permet de pincer les lèvres et de les projeter vers l'avant. Le muscle mentonnier (*mentalis*), quant à lui, avance la lèvre inférieure et plisse le menton, ce qui a pour conséquence de projeter des lèvres vers l'avant. Également, par la contraction du petit zygomatique (*zygomaticus minor*), les lèvres inférieures et supérieures effectuent un mouvement de retournement, générant un arrondissement. Par contre, certains muscles travaillent afin de tirer les coins de la bouche latéralement afin de produire une rétraction des lèvres, c'est le cas des muscles buccinateur (*buccinator*) et risorius (*risorius*).

Certains des muscles utilisés pour l'arrondissement jouent également un rôle dans l'aperture labiale. C'est le cas de l'orbiculaire des lèvres, du petit zygomatique et de l'élévateur de la lèvre supérieure et de l'aile du nez (*levator labii superioris alaeque nasi muscle*). Ces deux derniers muscles assurent le contrôle de la lèvre supérieure tandis que la contraction du muscle abaisseur de la lèvre inférieure (*depressor labii inferioris muscle*) tire la lèvre inférieure vers le bas.

En somme, les poumons constituent l'organe par lequel se dégage le flux d'air nécessaire à la production de l'onde sonore. Les vibrations laryngées créent l'onde sonore complexe de la parole, composée de la fréquence fondamentale et les harmoniques. Certains harmoniques voient ensuite leur amplitude renforcée lors du passage de l'air dans les cavités supra-glottiques (les cavités pharyngale, orale et labiale). Ces dernières auront des dimensions et des formes différentes selon le mouvement des articulateurs linguaux et labiaux. De fait, les harmoniques constituent le canevas par lequel les fréquences formantiques F1, F2, F3 et F4, étant des zones d'énergie maximales, se développent et permettent de distinguer acoustiquement les voyelles. Les deux premiers formants sont parfois suffisants pour représenter les différents timbres vocaliques, mais l'apport de la valeur du troisième formant est essentiel à certaines distinctions, par exemple pour [i] et [y] (Schwartz et al., 1993). L'unité de mesure généralement utilisée pour décrire acoustiquement les voyelles est le Hertz, lequel est un rapport du nombre de cycles d'ouverture et de fermeture des cordes vocales par seconde. La section suivante aborde plus spécifiquement les

critères de description articulatoire des voyelles du français et nous reviendrons par la suite sur les corrélats entre l'acoustique et l'articulatoire.

1.1.2 Description articulatoire des voyelles du français québécois

Le tableau 1.2 présente la classification des voyelles orales du français québécois [i y u ɪ ʏ e ø ɔ ε œ ɔ̃ a ɑ] selon les trois traits articulatoires permettant de les distinguer : l'aperture, le lieu d'articulation et l'arrondissement. Malgré le fait que notre intérêt porte sur les voyelles [i y u a] seulement, cette section aborde la classification pour toutes les voyelles du français québécois. Il convient de spécifier que cette classification articulatoire correspond à la représentation canonique la plus couramment attestée chez l'ensemble des locuteurs. Nous reviendrons plus loin sur la variation phonétique associée à ces voyelles.

Tableau 1.2
Classification articulatoire des voyelles orales du français québécois

	Voyelles orales			
	Antérieures		Postérieures	
	Non arrondies	Arrondies	Non arrondies	Arrondies
F1	Fermées tendues	i y		u
	Fermées relâchées ³	ɪ ʏ		ʊ
	Mi-fermées	e ø		o
	Mi-ouvertes	ɛ œ		ɔ̃
	▼ Ouvertes	a		ɑ
	F2			

Le trait d'aperture permet d'opposer les voyelles fermées [i y ɪ ʏ], aux voyelles mi-fermées [e ø ɔ], mi-ouvertes [ɛ œ ɔ̃] et ouvertes [a ɑ]. Traité aussi en termes de hauteur,

³ Il est à noter que les voyelles fermées relâchées [ɪ ʏ] sont des variantes phonétiques des voyelles fermées tendues /i y/, elles ne constituent donc pas des sons phonologiques.

ce trait se réalise articulatoirement par le mouvement vertical de la mâchoire et de la langue dans la cavité buccale. Plus spécifiquement, on réfère à la hauteur de la langue par rapport au palais. En ce qui concerne les voyelles fermées, le français québécois comporte deux variantes phonétiques en distribution complémentaire. Les phonèmes /i y u/ sont en effet réalisés tendus [i̟ u̟ y̟] en syllabe ouverte ou en syllabe fermée par une consonne allongante [ɸ ɋ z ʒ], et relâchés [ɪ ʊ ʏ] en syllabe fermée par une consonne non allongante (autre que [ɸ ɋ z ʒ]). Pour la suite de notre propos, nous ne retiendrons qu'un seul type de voyelles fermées, les phonèmes [i u y]⁴.

Le trait de lieu d'articulation fait référence à la position antéro-postérieure de la langue dans la cavité buccale. Ainsi, pour la réalisation des voyelles antérieures [i y e ø ɛ œ a], le muscle génioglosse se contracte de façon telle que le dos de la langue se place vers l'avant de la cavité buccale, dans la région pré-palatale. Pour les voyelles postérieures [u o ɔ ɑ], c'est principalement l'action du styloglosse qui permet le recul de la masse de la langue dans la cavité buccale afin de se positionner dans la région vélaire.

Finalement, le trait d'arrondissement s'exprime par la projection des lèvres vers l'avant créant une cavité supplémentaire, la cavité labiale. Les voyelles arrondies [y u ø o œ ɔ] sont produites en effectuant une protrusion et une constriction des lèvres, tandis que la production des voyelles non arrondies [i e ɛ a ɑ] n'ajoute pas de cavité labiale étant donné la position rétractée des lèvres. Il est à noter que plus la voyelle est ouverte, moins l'arrondissement est marqué puisqu'une grande aperture s'accompagne difficilement d'une projection des lèvres vers l'avant (Martin, 1996), les muscles travaillant de façon antagoniste.

Ainsi, comme nous l'avons mentionné plus tôt, seules quatre des onze voyelles orales du français québécois seront à l'étude, soit les trois voyelles cardinales [i], [u] et [a], et la

⁴ Nous verrons dans la section « Méthodologie » que nous ne traiterons que les contextes CVC, où les voyelles fermées sont réalisées relâchées. Puisque la variation contextuelle ne sera pas abordée, par souci de concision, nous ferons l'économie de la description théorique de l'alternance.

voyelle [y] afin d'étudier le contraste d'arrondissement, seul trait distinguant cette dernière du [i]. Ce choix n'est pas hasardeux puisque les trois voyelles cardinales du trapèze vocalique traditionnel sont dissimilaires de façon maximale dans leurs propriétés acoustiques et articulatoires, et elles sont complémentaires dans le sens qu'elles définissent les frontières articulo-acoustiques de la production vocalique (Kent, 1992). Comme le montre la figure 1.5, ces quatre voyelles occupent les positions extrêmes du trapèze vocalique dans les plans F1-F2 et F2-F3.

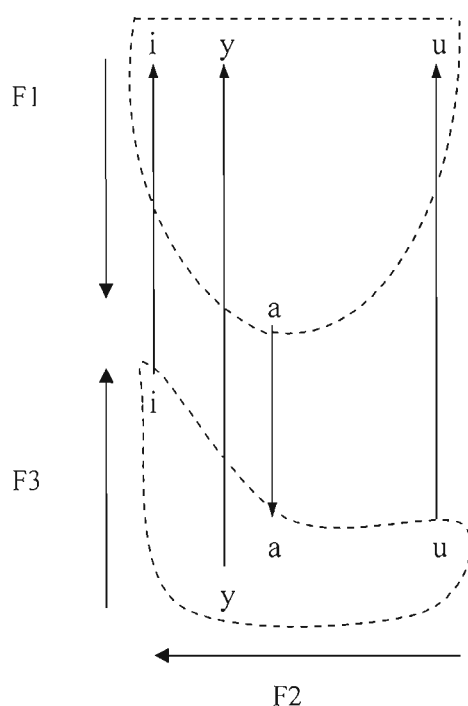


Figure 1.5 Représentation schématique des prototypes des voyelles [i], [y], [u] et [a] d'après les critères acoustiques de la Théorie de la Dispersion-Focalisation (tirée de Ménard et Boë, 2004).

Selon la Théorie de Dispersion-Focalisation (Schwartz et al., 1997), la forme des systèmes vocaliques des langues du monde est régie par des contraintes de dispersion structurale basée sur les distances perceptives entre les voyelles, et des contraintes de focalisation locale basées sur la saillance perceptive intra-vocalique, à savoir le regroupement

de deux formants successifs autour d'un point focal qui caractérise la voyelle. Selon cette théorie, les proximités formantiques (Boë et al., 2000) seraient les suivantes :

- [i] : Focalisation de F3 et F4, impliquant F3 maximal ;
- [y] : Focalisation de F2 et F3 ;
- [a] : Focalisation de F1 et F2, impliquant F1 maximal ;
- [u] : Focalisation de F1 et F2, impliquant F1 et F2 minimaux.

Or, il existe une variabilité importante en ce qui concerne les valeurs formantiques des voyelles. Les valeurs exactes de F1, F2 et F3 peuvent différer d'un individu à l'autre puisqu'elles sont grandement reliées à la morphologie du conduit vocal. Goldstein (1980) rapporte que la longueur du conduit vocal, du pharynx et de la cavité orale de l'homme et de la femme sont de longueurs différentes, tel que présenté au tableau 1.3.

Tableau 1.3
Estimation de la longueur (en cm) du conduit vocal, du pharynx et de la cavité orale (tiré de Goldstein, 1980)

	Femme adulte	Homme adulte
Longueur de conduit vocal	14.1	16.9
Longueur du pharynx	6.3	8.9
Longueur de la cavité orale	7.8	8.1

1.1.3 Corrélats articulatoire-acoustiques et optico-visuels

Notre travail portant sur le rôle joué par la vision dans le processus de production de la parole, nous croyons pertinent d'élaborer sur les corrélats acoustiques et visuels associés aux traits articulatoires d'aperture, d'arrondissement et de lieu d'articulation. En fait, les différentes configurations du conduit vocal, définies par les trois traits articulatoires, et les caractéristiques formantiques de F1, F2, F3 et F4, lesquelles définissent acoustiquement les voyelles, sont intimement reliées. Aussi, l'accès aux changements de forme et de taille des

articulateurs, par l'intermédiaire du canal visuel, représente ce que Robert-Ribès et al. (1998) appellent des corrélats optico-visuels. Un résumé des corrélats acoustiques et optico-visuels des variables articulatoires est présenté au tableau 1.4.

Tableau 1.4
Corrélats acoustiques et visuels des variables articulatoires

Variables articulatoires	Corrélats acoustiques	Corrélats optico-visuels
Aperture	F1	Hauteur interlabiale
Lieu d'articulation	F2	-
Arrondissement	F2 (F1 et F3)	Largeur interlabiale Hauteur interlabiale Aire aux lèvres Protrusion

Le trait d'aperture, référant au degré d'ouverture de la cavité labiale, est associé négativement aux valeurs de F1 (Kent, 1997 ; Lisker et Rossi, 1992), ainsi qu'au trait visible de la hauteur interlabiale, représenté par le paramètre B schématisé à la figure 1.6 (Abry et al., 1980). De fait, quand les valeurs de F1 sont élevées, la position de la langue est basse et vice-versa. Le trait de lieu d'articulation, quant à lui, ne possède aucun corrélat optico-visuel puisque la langue n'est pas un articulateur visible, étant à l'intérieur de la cavité buccale. Les distinctions d'antériorité sont néanmoins liées acoustiquement à F2 (Jakobson et al., 1952). Finalement, le trait d'arrondissement détient de nombreux corrélats optico-visuels étant donné son caractère visible. De fait, l'aire aux lèvres, la protrusion ainsi que la hauteur et la largeur interlabiales (respectivement les paramètres S, F, B et A, sur la figure 1.6) sont reliées à ce trait qui est principalement corrélé négativement à F2, mais également à F1 et F3 (la création de la cavité labiale amène notamment une diminution de la valeur de F2, Ladefoged, 2001).

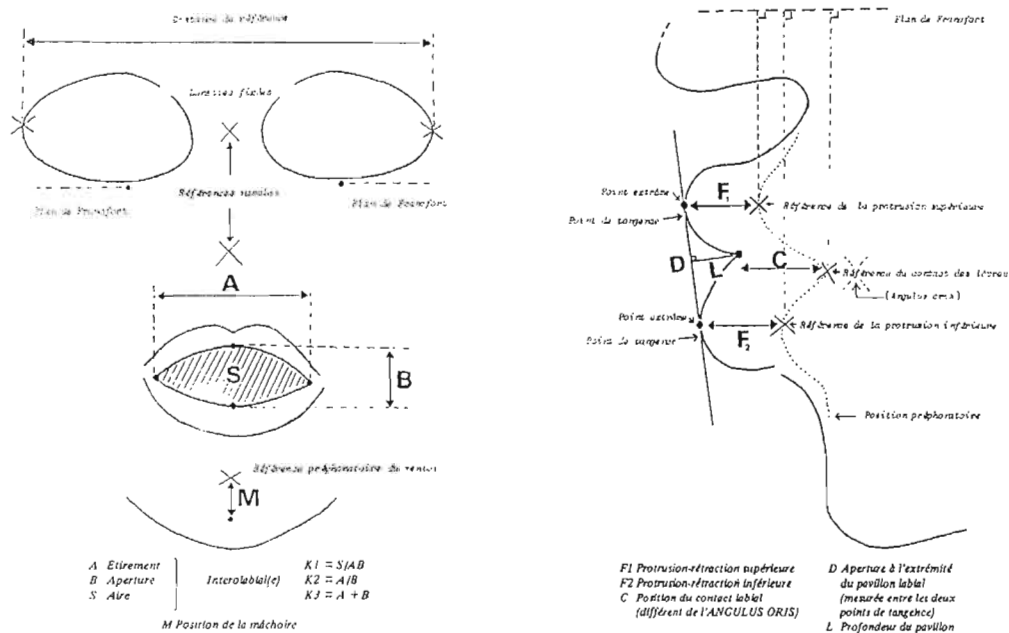


Figure 1.6 Paramètres labiaux (à gauche de face et à droite de profil) utilisés dans la procédure de mesure géométrique des lèvres (tirée de Abry et al., 1980).

1.1.4 Représentation des voyelles par tubes

Nous venons de décrire les caractéristiques articulatoires des voyelles du français. Comme nous avons pu le constater, la couleur de chacune des voyelles est tributaire des différentes formes qu'adopte le conduit vocal. En abordant ces différentes configurations d'un point de vue géométrique, plusieurs chercheurs font appel à des résonateurs de type « tube » afin d'expliquer les résultats acoustiques qui leur sont associés. Un modèle particulièrement intéressant et efficace pour expliquer la production vocalique est le modèle à quatre tubes de Fant (1960) (figure 1.7). En fait, à partir de la longueur et de la forme des cavités, les fréquences de résonance des voyelles peuvent être calculées. Dans le cadre de notre travail, ce modèle simplifié du conduit vocal nous permettra de visualiser le passage de l'air dans les cavités pharyngale (cavité arrière) et buccale (cavité avant), distinguées par la constriction, et ainsi de rendre compte de différentes configurations articulatoires pouvant mener à des conséquences acoustiques similaires.

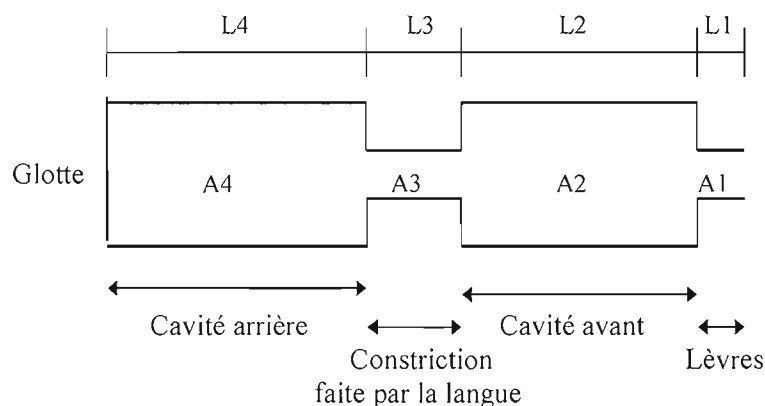


Figure 1.7 Représentation du conduit vocal à l'aide du modèle à quatre tubes de résonance de Fant (1960). À chacune des cavités sont associées une aire (A) et une longueur (L) à partir desquelles les fréquences formantiques peuvent être calculées.

Selon ce schéma, la modélisation des phénomènes acoustiques peut être décrite par le déplacement de la constriction faite par la langue en un point de ce conduit. Fletcher (1993) spécifie l'importance de l'articulateur lingual dans la production de la parole :

« The tongue was recognized as the primary vowel articulator. It helps channel the phonic stream, creates subchambers for specific acoustic resonances, fine tunes resonator dimensions and phonetic contrast by manipulating the place and degree of air passageway constriction, and fosters intelligible speech by executing these actions within highly integrated rhythmical movement sequences. » (Fletcher, 1993, p. 186).

Les dimensions (longueur (L) et aire (A)) des cavités constituent la conséquence du déplacement antéro-postérieur et vertical de la langue, lequel permet de façonner l'onde glottique afin de générer les fréquences formantiques propres à chacune des voyelles. Aussi, notons que le résonateur formé par la projection des lèvres est présent seulement lors de la production des voyelles arrondies. Trois types de résonateurs peuvent ainsi être créés : Helmholtz, tubes ouvert-ouvert ou fermé-fermé et tube ouvert-fermé.

Dans le cas d'une cavité ayant un grand volume et une petite aire de constriction, la cavité arrière de la voyelle [i] par exemple, la résonance sera de type Helmholtz, cette dernière pouvant être obtenue avec la formule suivante :

$$F = (C/2\pi k)\sqrt{(A/LV)}, \quad \text{où} \quad C = \text{vitesse du son (350m/s)}$$

$k = \text{constante}$
 $A = \text{aire de la constriction (en cm}^2\text{)}$
 $L = \text{longueur de la constriction (en cm)}$
 $V = \text{volume de la cavité (en cm}^3\text{)}$

En ce qui concerne le tube fermé ou ouvert aux deux extrémités, comme la cavité avant de la voyelle [y], la formule permettant de calculer sa fréquence de résonance est : $F = nc/2L$, où n est un nombre naturel entier et L , la longueur de la cavité en cm. Finalement, pour le type de tube ayant une extrémité fermée (ou suivi d'une petite cavité) et une extrémité ouverte, comme la cavité arrière de la voyelle [a], la formule est $F = (2n-1)c/4L$. Ainsi, certaines affiliations peuvent être prédites à partir des dimensions des cavités. Toutefois, les affiliations formants-cavités ne sont possibles que pour les voyelles à petite aire de constriction, soit [i], [y], [u] et [a]. Le tableau 1.5 présente les affiliations formants-cavités de ces voyelles relevées lors d'une précédente étude de modélisation (Ménard, 2002).

Tableau 1.5
Affiliations formants-cavités des voyelles [i], [y], [u] et [a] modélisées chez
l'homme adulte (tiré de Ménard, 2002)

Voyelle	F1	F2	F3
[i]	Helmholtz cavité arr. + constr.	cavité arrière $\lambda/2$	cavité avant $\lambda/2$
[a]	Cavité arrière $\lambda/4$	cavité avant $\lambda/4$	cavité arrière $3\lambda/4$
[u]	Helmholtz cavité av. + lèvres	Helmholtz cavité arr. + constr.	cavité arrière $\lambda/2$
[y]	Helmholtz cavité arr. + constr.	cavité avant $\lambda/2$	cavité arrière $\lambda/2$

À la lumière de ces affiliations, il est possible de prédire l'influence, sur les valeurs formantiques, d'une modification de longueur des cavités avant et arrière, de même que des manœuvres de compensation probables. Ainsi, comme nous le constatons au tableau 1.5, pour les voyelles [i] et [y], le premier formant correspond à la résonance Helmholtz, tandis

que F2 et F3 sont généralement plutôt proches l'un de l'autre, correspondant à la résonance d'une demi longueur d'onde, l'un de la cavité arrière et l'autre de la cavité avant. L'effet majeur de l'arrondissement des lèvres lors de la production du [y] est de fermer le tube de la cavité avant, lequel est déjà presque fermé par la langue lors de la production du [i]. La valeur de F3 pour la voyelle [i] étant de 3000 Hz, elle diminue aux alentours de 2000 Hz pour [y] avec le changement de configuration des tubes (Schwartz et al., 1993).

Ainsi, on postule que la réalisation d'une voyelle peut se faire en modifiant la configuration canonique du conduit vocal et ce, tout en compensant cette modification à l'aide d'un autre articulateur (Maeda, 1989). Plusieurs expériences utilisant des perturbations naturelles ou artificielles viennent soutenir cette proposition. Par exemple, Lindblom et Sundberg (1971) ont démontré l'existence d'une compensation mâchoire-langue en menant une étude sur les perturbations artificielles. Leurs résultats démontrent que même en ayant la mâchoire fixe en raison de la perturbation, en l'occurrence une plaque occlusale, les locuteurs parvenaient à utiliser des stratégies de compensation afin d'obtenir les mêmes patrons acoustiques que si leur parole n'était pas perturbée. Ceci démontre clairement que différentes configurations articulatoires peuvent mener à des conséquences acoustiques similaires. La section suivante aborde cette question importante de la variabilité, qui est au cœur de notre mémoire.

1.1.5 Importance de la variabilité interlocuteurs

Les sections précédentes ont été consacrées à une description sommaire des principales caractéristiques articulatoires, géométriques et acoustiques des voyelles du français québécois qui feront l'objet de la présente étude. Bien que la considération de configurations canoniques constitue un passage obligé pour la formalisation de notre étude, il est crucial de mentionner que la réalisation effective des voyelles par les locuteurs d'une même variété de langue varie considérablement. On peut schématiser cette variabilité à l'aide des tubes (figure 1.8) en présentant un cas où deux locuteurs produisent le même patron formantique, donc la même cible acoustique, la voyelle [y] par exemple, en positionnant leurs articulateurs de

deux façons distinctes. Le locuteur A peut produire cette voyelle en utilisant la configuration articulatoire canonique, c'est-à-dire en effectuant une protrusion des lèvres et en plaçant la masse de la langue dans la cavité buccale en position haute et antérieure. Le locuteur B, quant à lui, effectue de très faibles mouvements labiaux et donc ne protrude que faiblement les lèvres, ce qui a pour conséquence de diminuer la longueur de la cavité avant. Afin d'obtenir un tube avant de longueur similaire, il postérorise la masse de la langue, pour ainsi augmenter la longueur de cette cavité. Même si les articulateurs des deux locuteurs contribuent différemment aux dimensions des cavités, les conséquences acoustiques seront les mêmes en ce qui a trait à la valeur de F2, formant principalement relié aux caractéristiques perceptives de la voyelle [y].

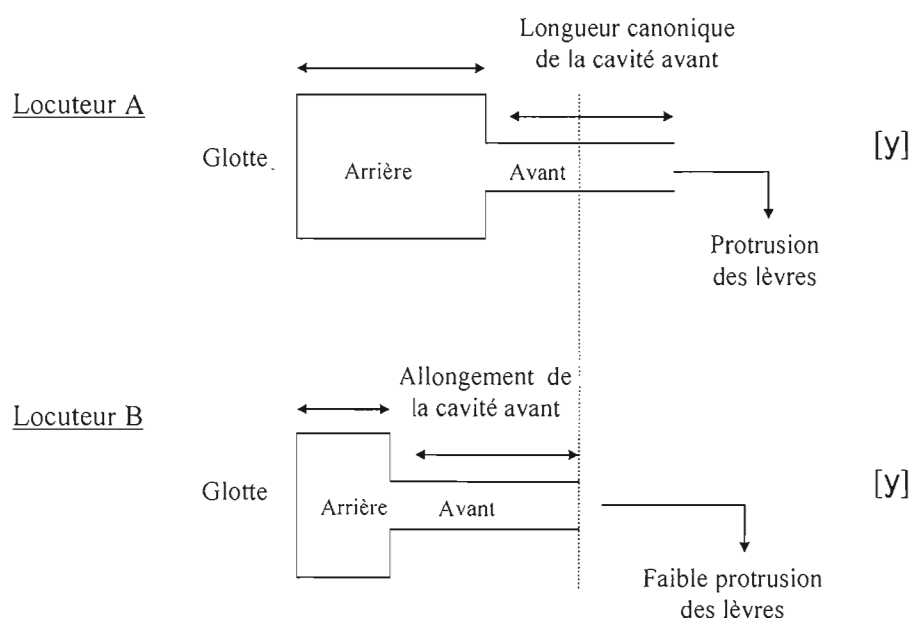


Figure 1.8 Schématisation par tubes de résonance de la variabilité dans la production articulatoire de la voyelle [y] par deux locuteurs (Locuteur A : position canonique ; Locuteur B : variation).

Boë et al. (2000), dans l'une de leurs études, font appel à la notion de sosies vocaliques qu'ils définissent comme étant « *des voyelles identiques au niveau acoustique mais présentant des dispositions articulatoires différentes en termes de classifications phonétiques* » (2000, p.257). Ils ont choisi le modèle articulatoire réaliste de Maeda (1989)

afin de dresser une typologie des sosies vocaliques et ainsi vérifier lesquels sont effectivement réalisables par les locuteurs. Le modèle de Maeda intègre l'essentiel des commandes motrices relatives aux mouvements des lèvres, de la mâchoire, de la langue et du larynx. La variance des configurations articulatoires peut être expliquée par sept paramètres distincts associés à des commandes spécifiques, lesquelles sont présentées au tableau 1.6.

Tableau 1.6
Paramètres de commande du modèle articulatoire et articulateurs associés
(tiré de Ménard, 2002)

Articulateurs	Paramètres de commande
Lèvres	Protrusion des lèvres
	Hauteur des lèvres
Mâchoire	Hauteur de la mâchoire
Langue	Position antéro-postérieure du corps de la langue
	Position haut-bas du dos de la langue
	Position haut-bas de l'apex
Larynx	Hauteur du larynx

L'action de ces divers paramètres peut être visualisée sur la coupe sagittale du conduit vocal de la figure 1.9, sur laquelle sont représentés, par des flèches, les degrés de liberté des paramètres. Il est à noter qu'il s'agit de l'interface GROWTH (développée à l'Institut de la Communication Parlée de Grenoble), adaptée pour le modèle articulatoire VLAM (Variable Linear Articulatory Model) conçu par Maeda, qui simule les longueurs de conduit vocal consignées par Goldstein (1980).

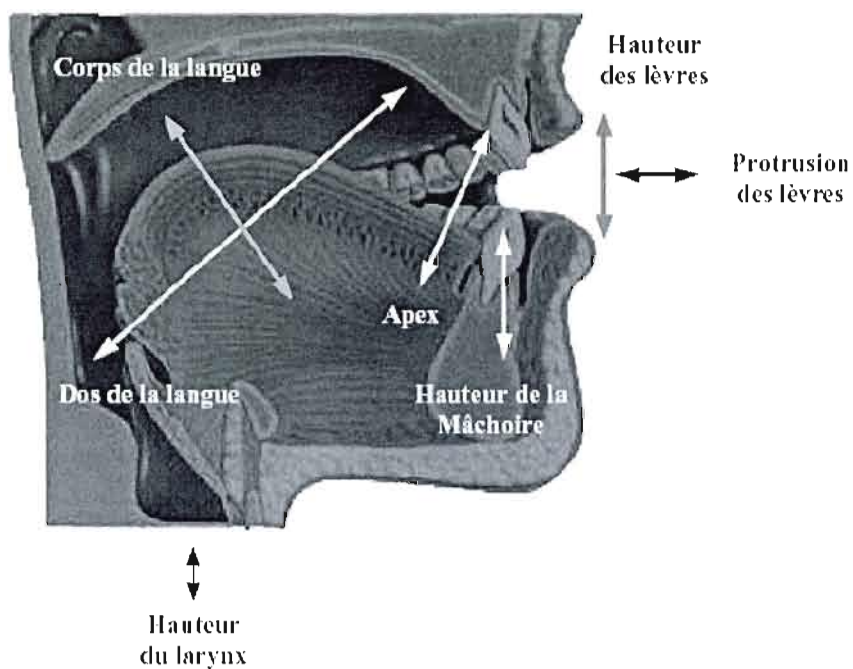


Figure 1.9 Représentation des degrés de liberté du modèle articulatoire VLAM.

Dans le but d'atteindre le maximum de sosies vocaliques, Boë et al. (2000) ont effectué 100 atteintes de cible pour chaque voyelle en utilisant une procédure itérative selon laquelle les paramètres articulatoires changent petit à petit, et ce, en obtenant toujours la cible acoustique désirée. L'espace vocalique maximal a été couvert par les 1100 parcours articulatoires effectués. Les différentes itérations de la procédure fournissent donc l'ensemble des configurations articulatoires possibles pour une même cible acoustique. La figure 1.10 présente un exemple de configurations articulatoires possibles pour l'atteinte de la cible acoustique /u/.



Figure 1.10 Fibres articulatoires de la voyelle /u/, obtenues par VLAM, pour le conduit vocal d'un homme adulte de 21 ans (tiré de Ménard, 2002).

En ciblant trois critères précis, Boë et al. (2000) ont obtenu, en plus de la configuration qui sert de prototype dans toutes les descriptions phonétiques (configuration canonique), différents sosies de voyelles. Nous ne retiendrons ici que les résultats concernant les voyelles [i], [y], [u], [a]. D'abord, ils rapportent une très grande stabilité articulatoire des lèvres et de la langue pour la voyelle [a]. En fait, un recul-abaissement de la langue est systématiquement requis pour assurer la constriction pharyngale, démontrant une faible plasticité. On ne retient donc aucun sosie vocalique pour cette voyelle ouverte.

La voyelle [i] est plus variable, présentant des différences d'aperture labiale compensables par des déplacements du corps de la langue : une plus grande aperture est associée à un recul de la langue. Ils spécifient que cette voyelle ne possède pas nécessairement de sosies vocaliques, mais elle présente nettement des possibilités allophoniques contextuelles.

La voyelle [y] présente des caractéristiques fortes intéressantes. En fait, les auteurs proposent que cette voyelle peut être réalisée sans aucune protrusion des lèvres, et ce en compensant par un recul (ou abaissement) de la langue, contrairement à la position canonique

connue. Ainsi, lorsque la cavité labiale ne se forme pas (aucune protrusion), le recul de la langue permet d'obtenir une cavité orale plus grande, requise par la voyelle [y].

Finalement, les auteurs proposent trois sosies vocaliques pour la voyelle [u] : vélo-palatal, vélo-pharyngal et pharyngal, démontrant la possibilité de modifier le lieu d'articulation de cette voyelle en obtenant une même cible acoustique.

Nous pouvons conclure cette section sur la variabilité en rapportant les propos de Maeda (1989), qui a étudié les compensations articulatoires de deux locutrices à l'aide d'un modèle articulatoire :

« [...] the articulatory strategy can have multiple solutions. It might be possible that every speaker has different solutions even under the constraint such as the minimal effort. If this is the case, every speaker might articulate the same sentence differently. [...] A preliminary indication from the present data is in opposition to such a chaotic manner in articulation, however. When calculated parameter movements for the same sentence pronounced by the two speakers are compared, we are rather surprised to find more similitude than difference between them. This means that although there are multitudes of different ways to produce the same sentence, both speakers use a similar strategy to pronounce it, suggesting a relatively invariant rule issuing commands to the articulators. » (Maeda, 1989).

Somme toute, au cours de cette section, nous croyons avoir spécifié quelques raisons pour lesquelles notre choix s'est arrêté sur les voyelles cardinales [i], [u] et [a] et la voyelle [y]. Rappelons-les brièvement. D'abord, les trois voyelles cardinales du trapèze vocalique traditionnel sont dissimilaires de façon maximale dans leurs propriétés acoustiques et articulatoires, comme nous l'avons constaté à l'aide de la Théorie de Dispersion-Focalisation (Schwartz et al., 1997), et elles sont complémentaires dans le sens qu'elles définissent les frontières articulatoire-acoustiques de la production vocalique. Aussi, le contraste [i]-[y] est présent afin d'étudier le trait visible de l'arrondissement, seul trait distinguant ces deux phonèmes. La prochaine section expose trois courants théoriques relatifs aux processus inhérents à la perception de la parole, lesquels tendent de localiser l'invariant, soit au niveau acoustique ou articulatoire, dans le but d'expliquer cette variabilité présente dans la parole.

1.2 Théories de la perception de la parole

Les sections précédentes ont fait ressortir la variabilité inhérente à la production de la parole. La question soulevée par ces données est alors la suivante : Comment l'auditeur parvient-il à identifier correctement une voyelle produite, compte tenu de cette importante variabilité ? À ce chapitre, les théories de la perception de la parole ont proposé des pistes intéressantes. Ces théories se distinguent principalement sur la base de la source invariante permettant de traiter et percevoir la parole. En fait, les points de vue sur l'invariance sont fort nombreux et diversifiés selon que l'invariant se trouve dans le signal acoustique, dans les trajectoires articulatoires ou dans l'interaction entre le locuteur et l'auditeur. Avant d'aborder ces trois principaux courants, il convient de définir ce qu'on entend habituellement par *invariance*. L'invariant est la constante, les indices stables permettant d'identifier les sons de la parole, malgré certaines variables communicationnelles, telles que les contextes prosodiques et les différences interlocuteurs.

1.2.1 Théories auditives

La théorie auditive repose principalement sur les travaux de Blumstein (1986), Blumstein et Stevens (1979), ainsi que sur ceux de Stevens (1989) sur la Théorie quantique de la parole. La prémisse sous-jacente à cette théorie est que la parole est perçue via le signal acoustique, celui-ci étant l'invariant. Blumstein (1986) rappelle les deux principes guides de la Théorie de l'invariance acoustique :

- Il y a une invariance acoustique dans le signal de parole correspondant aux traits phonétiques des langues naturelles. Ainsi, on émet l'hypothèse que le signal de la parole est hautement structuré dans le sens qu'il contient des patrons d'invariants acoustiques pour les traits phonétiques, et ces patrons demeurent invariants pour tous les locuteurs, les contextes phonétiques et les langues.

- Le système perceptif est sensible à ces propriétés invariantes. Ainsi, on émet l'hypothèse que le système perceptif peut utiliser ces patrons invariants pour fournir le cadre phonétique pour les langues naturelles, et pour traiter les sons de la parole dans la perception en ligne.

En somme, Stevens et Blumstein (1981) et Blumstein (1986) ont tenté de montrer que pour un certain nombre de catégories phonétiques, il est possible de spécifier un invariant acoustique qui est indépendant du contexte phonétique dans lequel le segment apparaît. En particulier, ils maintiennent que les propriétés d'invariance pour les catégories phonétiques d'une langue résident au niveau de différentes régions dans l'onde acoustique, et ils ont élaboré la théorie de l'invariance acoustique pour le lieu d'articulation des consonnes occlusives, tout en postulant un invariant acoustique pour d'autres dimensions phonétiques, tels que le voisement et la nasalité. Une hypothèse concernant l'existence de ces propriétés invariantes implique que le système auditif soit doté de mécanismes qui répondent distinctivement quand une propriété particulière est présentée dans le stimulus acoustique. Par exemple, une diminution rapide de F0 au début du voisement crée un signal acoustique dans lequel les premières pulsations glottiques sont apériodiques et la détection de la périodicité de basse fréquence est retardée jusqu'à ce que la fréquence de F0 augmente après ces premières pulsations. Par conséquent, l'interlocuteur perçoit le segment comme étant une consonne non voisée. Ainsi, lorsque les structures articulatoires réalisent une configuration particulière, les cavités acoustiques formées par ces structures ont certaines fréquences ou formants naturels permettant d'identifier les sons.

1.2.2 Théories motrices

Contrairement aux théories auditives, les théories motrices trouvent leur invariant dans les trajectoires articulatoires. Ainsi, la perception de la parole implique un ensemble de processus qui permettent de récupérer les mouvements articulatoires à l'origine du signal sonore. Parmi les nombreuses théories qui se positionnent dans ce cadre, deux d'entre elles seront présentées ci-dessous : la Théorie motrice de Liberman et Mattingly (1985) et la Théorie de la perception directe de la parole de Fowler (1986 ; 1996).

Selon la Théorie motrice de Liberman et Mattingly (1985), l'invariant se trouve précisément au niveau des commandes motrices. De fait, pour eux, l'objet de la perception de la parole ne doit pas être cherché à la surface acoustique et ce, pour différentes raisons. Parmi celles-ci figure le fait que les indices acoustiques démontrent une variabilité contextuelle. En outre, la coarticulation crée un chevauchement d'information dans le signal acoustique. Ces deux phénomènes, entre autres, rendent difficilement soutenable l'hypothèse de l'invariance purement acoustique, comme le prônent les partisans des théories auditives. Ils basent plutôt leur théorie motrice sur deux fondements principaux. Le premier repose sur le principe que les objets de la perception de la parole sont les gestes phonétiques visés du locuteur, représentés dans le cerveau comme des commandes motrices invariantes reliées aux mouvements des articulateurs pour atteindre certaines configurations linguistiques significatives. Ils définissent le geste phonétique de la façon suivante :

« A phonetic gesture [...] is a class of movements by one or more articulators that results in a particular, linguistically significant deformation, over time, of the vocal-tract configuration. » (Liberman et Mattingly, 1985, p.21).

Ces gestes articulatoires, tels que le locuteur les a planifiés, représentent la réalité physique des notions traditionnelles, comme l'arrondissement des lèvres, l'antériorisation de la langue, etc., qui fournissent la base pour les catégories phonétiques.

Le deuxième principe est corollaire du premier. Si les processus de perception et de production de la parole partagent le même ensemble d'invariants, c'est qu'ils sont intimement liés, et ce lien perception-production serait inné. Aussi, en se basant sur les théories de Fodor (1983, cité dans Liberman et Mattingly, 1985), ils proposent l'existence d'un module spécialisé à ce traitement perception-production, le *module phonétique*, lequel permet à l'auditeur d'effectuer la conversion du signal acoustique aux gestes articulatoires.

Pour Fowler, ce qui a mené à laisser les théories auditives pour les théories motrices sont les arguments suivants :

« [...] there is typically a lack of correspondence between acoustic cue and perceived phoneme, and in all these cases it appears that perception mirrors articulation more closely than sound » (Liberman et al., 1967, p.453, cité dans Fowler, 1996).

Fowler, adoptant la théorie des fonctions perceptives universelles de Gibson (1966), défend le principe que le système perceptif représente l'unique moyen par laquelle les organismes peuvent connaître l'environnement dans lequel ils agissent (Fowler, 1990). Suivant ce principe, la perception est directe et les objets perceptifs sont les gestes phonologiques du conduit vocal. Ainsi, dans le cadre de sa Théorie de la perception directe de la parole (Fowler, 1986 ; 1996), elle propose que les configurations du conduit vocal aient eux-mêmes des propriétés invariantes. En outre, ce seraient les gestes articulatoires qui correspondraient aux composantes phonologiques de la perception, lesquelles sont les actions visibles du conduit vocal responsables des caractéristiques du signal acoustique. Conséquemment, les gestes provoqueraient des invariants dans le signal acoustique. C'est pour cette raison que Fowler propose que la perception des propriétés phonologiques soit directe.

1.2.3 Théories de l'interaction locuteur-auditeur

Les théories de l'interaction locuteur-auditeur abandonnent l'invariance au profit de la variabilité dans les conditions de communication, la variabilité servant l'échange entre le locuteur et l'auditeur. Deux théories seront présentées : la Théorie de la variabilité adaptative de Lindblom (1987) et la Théorie de la perception pour le contrôle de l'action de Schwartz et al. (2001).

Selon Lindblom (1987), l'invariance ne se trouve pas au niveau acoustique ou articulatoire, mais plutôt dans l'interaction entre le locuteur et l'auditeur. Une des prémisses théoriques à la base de la variabilité adaptative est que le but premier de la phonétique n'est pas de décrire comment les formes linguistiques sont réalisées dans la parole, mais plutôt d'expliquer et de dériver ces formes à partir de principes basés sur la substance relative à l'utilisation du langage parlé et ses aspects communicatifs. Par conséquent, la variation phonétique n'est pas vue comme étant le produit de l'inertie des mécanismes de parole, mais davantage comme une adaptation continue de la production de la parole à la demande des situations communicationnelles. Deux principes opposés sous-tendent la variation articulatoire : une exigence de distinctivité perceptive de la part de l'auditeur et une demande

d'économie articulatoire de la part du locuteur. La figure 1.11 présente l'interaction de ces deux principes.

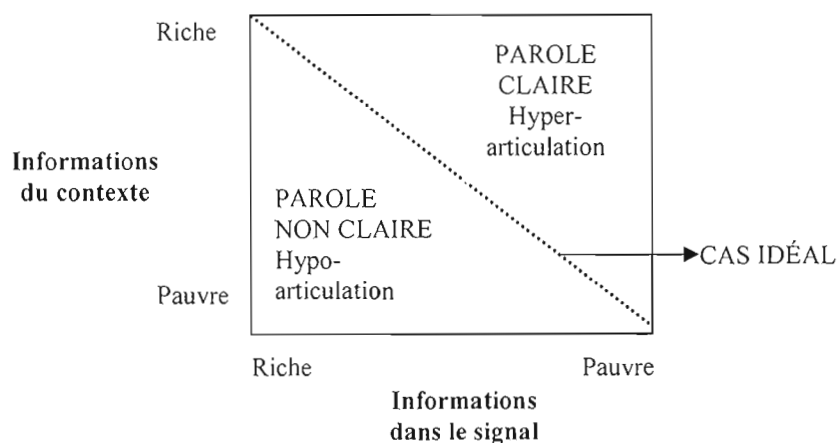


Figure 1.11 Domaine d'hyperarticulation et d'hypo-articulation en parole et fonctions des informations provenant du contexte et du signal (adapté de Lindblom, 1987).

Si l'exigence de distinctivité prime sur l'économie articulatoire, nous parlerons d'hyperarticulation, tandis que dans le cas inverse, nous serons face à une parole hypo-articulée. Selon Lindblom (1987), le locuteur tenterait d'atteindre la *diagonale idéale* afin de satisfaire les demandes du locuteur et de l'auditeur. Donc, puisque le locuteur doit continuellement s'ajuster à son environnement, c'est le message linguistique qui est l'invariant.

La Théorie de la perception pour le contrôle de l'action de Schwartz et al. (2001) propose également une interaction entre le locuteur et l'auditeur. Toutefois, les auteurs se basent davantage sur la perception de l'auditeur, laquelle définira sa production, tandis que la théorie de Lindblom est principalement fondée sur la production du locuteur. Leur cadre repose sur l'interaction entre la perception (en tant qu'auditeur) et le contrôle de l'action (en tant que locuteur), en relation avec la phonologie (production de phonèmes). En évoquant les bases de leur théorie, ils tiennent à se distinguer des théories auditives et motrices :

« [...] our approach is centred on *the co-structuring of the perception and action systems in relation with phonology*, and hence is clearly different both from 'auditory' theory in which the sensory-interpretative chain is considered independently of the patterning of sounds by speech gestures, in the search of some '*direct link between sounds and phonemes*'; and from a 'motor' theory [...] in which perception is nothing but a mirror of action, in the claim of a direct link between sound and gestures. » (Schwartz et al., 2001, p.255-256).

Les auteurs considèrent la perception de la parole d'un point de vue multimodal, c'est-à-dire que l'auditeur utilise les informations acoustiques, visuelles et même tactiles dans le processus de perception. À partir de cette perception, il y aurait un calcul des événements temporels et de leurs caractéristiques spectrales, lesquels permettent, au niveau segmental, de récupérer et de spécifier le but des gestes articulatoires propres à chacun des sons de la parole.

En somme, nous avons présenté trois courants théoriques, lesquels se distinguent sur la base de différentes prémisses spécifiant l'invariant, tantôt dans le signal acoustique, tantôt dans la programmation motrice ou les gestes articulatoires, ou le rejet de la notion d'invariance. Toutefois, ces théories se rejoignent sur un point important : ils considèrent tous l'existence d'un lien entre la perception et la production de la parole.

1.2.4 Théorie du contrôle moteur de la parole par buts auditifs

Nous exposerons ici les postulats de la Théorie du contrôle moteur de la parole par buts auditifs de Perkell et al. (1995 ; 1997 ; 2000), laquelle fait appel au lien perception-production pour expliquer les mécanismes de production de la parole.

Dans le cadre de leur théorie, les auteurs postulent quatre principes :

- a. Les mécanismes de contrôle segmental pour la production des contrastes phonémiques sont basés sur des buts auditifs. Ainsi, les mouvements segmentaux de la parole sont programmés dans le système nerveux central pour atteindre des séquences de buts acoustiques, lesquels correspondent à des régions précises dans l'espace auditif-perceptif multidimensionnel (Guenther et al., 1998).

- b. Les mouvements nécessaires à la parole sont planifiés de façon à atteindre une économie de l'effort. Les buts segmentaux sont influencés par un compromis entre l'économie de l'effort articulatoire et un contraste perceptif suffisant (Lindblom et Engstrand, 1989, cité dans Perkell et al., 1997 ; Lindblom, 1987).
- c. Considérant que le temps de traitement nécessaire à l'exploitation en boucle fermée de la rétroaction auditive serait trop long dans le contrôle des mouvements articulatoires individuels, la réalisation des buts acoustiques doit être assurée par l'utilisation d'un « modèle interne ». En fait, ce modèle spécifie la relation entre les configurations du conduit vocal et les conséquences acoustiques qui leur sont associées.
- d. La rétroaction auditive possède deux rôles dans la production de la parole. Premièrement, elle aide à acquérir les paramètres du modèle interne pour le contrôle segmental. Ensuite, avec la maturation, le modèle devient de plus en plus précis et robuste (Kent, 1976), alors la rétroaction auditive est utilisée de façon intermittente, surtout dans le but de maintenir les paramètres du modèle ajustés. Deuxièmement, la rétroaction permet d'assurer une intelligibilité adéquate en surveillant de près l'environnement acoustique. De fait, les trajectoires acoustiques planifiées sont influencées par des ajustements dans les paramètres supra-segmentaux qui affectent l'intelligibilité, comme le niveau moyen du son (niveau du bruit ambiant), la vitesse de parole, la fréquence fondamentale, etc.

De nombreuses études se sont intéressées au lien entre la perception et la production de la parole, à savoir s'il existe des stratégies ou des mécanismes communs entre ces deux mécanismes. En somme, plusieurs auteurs (par exemple, Fox, 1982 ; Bell-Berti et al., 1979 ; Perkell et al., 2003 ; 2004) suggèrent le même postulat : la perception et la production de la parole sont intimement liées et elles partagent des stratégies et/ou des mécanismes communs. L'appendice A est consacré à un résumé de plusieurs études expérimentales sur le lien entre ces deux mécanismes.

Ce lien entre perception et production de la parole se retrouve également au niveau de la prosodie. Par exemple, dans un environnement bruyant, un locuteur, lors de la production

d'une séquence linguistique spécifique, peut faire appel à une stratégie prosodique, telle qu'hyperarticuler, produisant une parole *claire*, afin que son interlocuteur puisse saisir ses propos. La section suivante présente certaines notions théoriques concernant un outil prosodique que nous avons utilisé dans le cadre de ce mémoire afin de provoquer une condition de parole particulière : l'emphase contrastive.

1.3 L'emphase contrastive comme outil de recherche

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéressons aux différentes stratégies articulatoires et acoustiques utilisées par la population non voyante comparativement à celles utilisées par la population voyante. Il est bien connu que certains contextes prosodiques, comme l'accent d'emphase ou la frontière de groupe accentuel, ou certaines conditions de parole, telles la parole claire ou la parole rapide, peuvent affecter les caractéristiques acoustiques et/ou articulatoires de la production des voyelles et des consonnes. Nous avons choisi d'inclure la variante prosodique de l'emphase contrastive dans notre corpus, lequel sera explicité au chapitre 3, puisqu'elle permettra de mettre en relief les traits canoniques des segments (par hyperarticulation). En fait, la condition d'emphase constitue le contexte où certains mouvements articulatoires seront maximaux. Certains auteurs se sont également penchés sur les corrélats acoustiques et articulatoires de cette prééminence prosodique d'un point de vue développemental dans le but d'étudier, entre autres, le contrôle moteur de la parole. Ils se basent sur le principe qu'apprendre les corrélats articulatoires des contrastes prosodiques implique l'intégration de multiples mouvements articulatoires dans le but de mieux exploiter l'espace acoustique, ce qui démontrerait un certain contrôle des articulateurs.

Afin de bien saisir toute l'importance d'utiliser l'emphase contrastive comme « outil », nous présenterons d'abord quelques tendances concernant les corrélats acoustiques et articulatoires émergeant des études expérimentales et ensuite, deux modèles proposés pour expliquer l'emphase contrastive sur les patrons cinématiques des articulateurs supra-glottiques.

La typologie accentuelle proposée dans la littérature est assez riche, mais nous abondons dans le sens de Meynadier (2003, p.18) qui suggère que l'emphase est un type

d'accent focal : « *L'accent [...] est une proéminence sonore locale permettant la mise en relief et la saillance perceptive d'une unité de l'énoncé par rapport à ses voisines* ». Ménard et al. (2006) abondent dans le même sens : « *Contrastive focus is one type of narrow focus defined as involving the selection by the speaker of a given constituent of the message to be underlined as opposed to another constituent in a paradigmatic comparison* ». En français, l'emphase peut être signalée soit de façon syntaxique (le mot proéminent ou la phrase X est mis de l'avant par une construction syntaxique spécifique, comme une extraction syntaxique : « C'est X qui ... ») ou de façon prosodique (le mot proéminent ou la phrase est mis de l'avant par une manipulation des traits prosodiques comme la fréquence fondamentale (F0), la durée et/ou l'intensité, ou les deux (Di Cristo, 2000)). Par exemple, Ménard et al. (2006), étudiant les corrélats acoustiques et articulatoires de l'emphase contrastive, ont demandé à leurs sujets de produire les phrases suivantes : « *J'ai vu Baba qui mange un gâteau. – Non, c'est BABA qui mange un gâteau* » (le mot en majuscule est celui sous emphase). Pour l'anglais, Erickson (2002) a utilisé le corpus suivant afin de provoquer l'emphase contrastive : « *It is 5 9 9 Pine Street ? – No, it's 5 9 FIVE Pine Street* ». Nous pouvons clairement percevoir la proéminence d'un mot particulier dans la seconde phrase de chacun des exemples.

Différents corrélats acoustiques et articulatoires sont associés à l'emphase contrastive, lesquels seront brièvement explorés ici. Les corrélats intonatifs en français et en anglais ont été largement étudiés (Hirst et Di Cristo, 1998 ; Jun et Fougeron, 2000 ; Harrington et al., 1995 ; Erickson et al., 2005). Il a été rapporté que les segments produits sous emphase contrastive sont prononcés avec une brusque augmentation de la valeur de la fréquence fondamentale et/ou de l'intensité sur le constituant en emphase et une augmentation de la durée de la syllabe. À part les corrélats au niveau acoustique, de nombreux corrélats articulatoires ont été proposés.

Ménard et al. (2006) ont investigué les corrélats acoustiques et articulatoires de l'emphase contrastive en français dans une perspective développementale chez des locuteurs adultes et enfants. Des données acoustiques (valeurs formantiques et d'amplitude RMS) ainsi qu'articulatoires (aire aux lèvres) ont été enregistrées pour dix locuteurs (3 de 4 ans, 3 de 8 ans et 4 adultes) produisant des répétitions de la séquence [baba] dans deux contextes prosodiques : en condition neutre et en condition d'emphase contrastive. Du point de vue

acoustique, autant les adultes que les enfants ont présenté une augmentation de F0 de la première syllabe sous emphase contrastive de même qu'une augmentation des valeurs de F1 et de RMS, comparativement à la même unité produite en condition neutre. Toutefois, les données articulatoires divergeaient entre le groupe d'enfants et le groupe d'adultes. De fait, l'effet articulatoire de l'emphase contrastive pour [a] était plus petit chez les enfants de 4 et 8 ans que chez les adultes : les valeurs d'aire aux lèvres étaient significativement plus grandes sous emphase contrastive qu'en position neutre chez les adultes seulement. Les auteurs expliquent l'effet d'emphase réduit chez les enfants par leurs habiletés non développées à hyperarticuler dans cette condition. En considérant les valeurs d'aire aux lèvres et de vélocité, les auteurs suggèrent que les locuteurs adultes du français contrastent les syllabes en condition d'emphase contrastive et en neutre sur le continuum de la dimension articulatoire d'aire aux lèvres (Ménard et al., 2006 ; Loevenbruck, 1999).

Ces résultats vont dans le sens de ceux de Cho (2002 ; 2005) obtenus pour l'anglais, puisque l'auteur a démontré que la proéminence prosodique est associée à des gestes d'ouverture labiale plus grands, plus vites et plus longs pour les voyelles [a] et [i]. Erickson et al. (1998) notent également que la position de la mâchoire est plus basse pour [a] sous emphase contrastive comparativement à sa contrepartie en condition neutre. De nombreux auteurs ont également souligné que les entités prosodiques sous emphase contrastive peuvent être caractérisées par différents patrons de mouvements de la mâchoire, comme des changements dans la hauteur de la mâchoire, le déplacement de la mâchoire, la durée et la vélocité associés à différents aspects de la prosodie (Beckman et al., 1992 ; de Jong, 1995 ; De Jong et al., 1993 ; Erickson et al., 1998). Ces corrélats articulatoires sont souvent reliés à des changements spectraux, avec les voyelles basses plus périphériques dans l'espace acoustique (Cho, 2005). Toutefois, les auteurs rapportent une variabilité interlocuteurs en ce qui concerne les effets acoustiques et articulatoires de la proéminence.

Deux propositions générales ont été faites afin de rendre compte des patrons cinématiques des articulateurs supraglottiques sous l'accent : le modèle d'Expansion de sonorité de Beckman et al. (1992) et le modèle d'Hyper-hypoarticulation de De Jong (1995). Dans le cadre du modèle d'Expansion de sonorité, le contraste effectué par l'emphase serait sous-tendu par une nécessité d'augmenter significativement l'énergie acoustique globale de

la syllabe accentuée, par une ouverture labiale maximale plus importante du conduit vocal. En fait, l'augmentation de la sonorité due à l'emphase serait non seulement réalisée par une ouverture vocale plus grande, mais aussi par le fait de maintenir sur une plus longue période une ouverture importante, par allongement, ou bien par réduction du chevauchement articulaire des gestes consonantiques de fermeture du conduit vocal (Meynadier, 2003). L'ouverture plus importante serait caractérisée par un abaissement du dos de la langue et de la mâchoire pour pouvoir augmenter l'air dans le passage oral, et ainsi augmenter la force de la voyelle. Certains auteurs ont confirmé les bases de ce modèle, comme par exemple Harrington et al. (1995) qui ont mené une étude sur la voyelle [a:] en anglais : au moins pour certaines voyelles, particulièrement les voyelles ouvertes, la mâchoire exécute un mouvement d'ouverture plus ample et plus long en syllabe accentuée qu'en syllabe non accentuée. Notons toutefois certains points faibles à cette théorie, rapportés par Meynadier (2003). Tout d'abord, seules les voyelles ouvertes font véritablement l'objet de ces études ; l'analyse des autres voyelles montre que la contrainte de sonorité n'est pas toujours opératoire. Aussi, l'articulation supra-glottique est réduite à l'articulateur mandibulaire (voir aussi labial), les articulateurs lingual et vélaire n'étant jamais considérés.

D'un autre côté, l'hypothèse d'une hyperarticulation localisée (De Jong, 1995) sous l'emphase découle d'un modèle plus général de production de la parole, celui de l'Hyperhypoarticulation de Lindblom (1990). Comme nous l'avons vu à la section 1.2.3, ce dernier oppose deux principes, soit une exigence de distinctivité perceptive de la part de l'auditeur et une demande d'économie articulaire de la part du locuteur. L'hypoarticulation serait motivée par une économie d'énergie et une facilité de production de la parole, donnant lieu à une performance minimale, largement coarticulée, tandis que l'hyperarticulation serait motivée par une préservation ou un renforcement dans le signal de parole des propriétés discriminatives, produisant des segments plus marqués. À partir de ce modèle, De Jong (1995) propose que lors de la production d'une unité linguistique sous emphase contrastive, le locuteur tendrait vers la distinctivité, plutôt que vers l'économie articulaire. Des arguments provenant de la réduction de la coarticulation dans ce contexte appuieraient ce modèle. Les analyses de De Jong et al. (1993) et De Jong (1995) sur des voyelles ouvertes et fermées et des consonnes pour les articulateurs lingual, labial et mandibulaire, confirment

l'existence d'un renforcement des traits distinctifs des segments en position d'emphase, par une articulation plus périphérique qu'en syllabe non accentuée. Aussi, pour le français, lors de la production de la voyelle [a] sous emphase, Loevenbruck (1999) rapporte qu'il y aurait un abaissement de la langue et de la mâchoire, contrairement à la voyelle [i], où cette fois-ci, la langue serait plus haute dans la cavité orale, que sa contrepartie en neutre. Pour l'anglais, Harrington et al. (2000) ont également rapporté que la position de la langue est plus haute, ou plus avant, lors de la production de la voyelle [i] sous emphase. À l'inverse de l'expansion de la sonorité, l'hyperarticulation permet de rendre compte d'un renforcement des variations articulatoires sous emphase à la fois pour les traits d'aperture et d'antéro-postériorité. Toutefois, les deux modèles permettent de rendre compte des voyelles ouvertes : un abaissement de la mâchoire et de la langue, et une plus grande aire aux lèvres.

Dans le cadre de ce notre mémoire, nous abondons dans le sens du modèle de De Jong (1995), dans la mesure où nous postulons qu'il y aura une hyperarticulation des mouvements articulatoires lors de la production des séquences phonétiques sous emphase contrastive, ce qui permettra de mettre en relief les traits canoniques des segments.

CHAPITRE II

PAROLE BIMODALE ET UNIMODALE AUDITIVE : L'APPORT DE LA VISION ET DE L'AUDITION

L'apport de la modalité auditive dans le processus de parole n'étant plus à démontrer, étant partie intégrante de la parole elle-même, une attention particulière sera portée à l'apport de la modalité visuelle dans la production et la perception de la parole bimodale. Nous définissons la bimodalité comme l'apport des modalités visuelle et auditive dans le traitement cognitif de la perception de la parole. En fait, il s'agit de l'intégration et de la fusion des informations acheminées par le canal auditif et le canal visuel. En effet, l'onde sonore ainsi que la position des lèvres et de la mâchoire fournissent des indices pertinents au décodage perceptif de la parole. Au cours de ce chapitre, nous préciserons d'une part l'apport de la vision dans le processus de parole bimodale, et d'autre part l'impact de la privation sensorielle chez la population non voyante au niveau de leurs habiletés de perception et de production de la parole. Cette section nous permettra donc de dresser un portrait du rôle joué par la vision dans la stabilité de la perception de catégories phonétiques et dans la planification de la production des unités linguistiques.

2.1 Apport de la vision

Même si la modalité auditive est sans contredit la plus dominante dans le traitement perceptif de la parole, les indices fournis par le canal visuel, à savoir la position des lèvres et de la mâchoire, revêtent une importance considérable. Toutefois, la vision a d'abord été perçue comme étant une modalité de support permettant d'améliorer la compréhension de la parole quand les conditions acoustiques sont dégradées (Sumby & Pollack, 1954 ; Erber, 1975). Mais depuis plus d'un quart de siècle, moment de la parution de l'article *Hearing lips and*

seeing voices de McGurk et MacDonald (1976), la communauté linguistique s'intéresse davantage au traitement multisensoriel de la parole. Les informations visuelles relatives à la parole seraient ainsi récupérées par l'interlocuteur et ce, même lors de situations de communication idéales.

2.1.1 Perception de la parole dans le bruit

Les premières études portant sur l'apport de la vision se sont essentiellement penchées sur l'apport de cette modalité dans des conditions de parole dégradée. L'un des paradigmes expérimentaux les plus utilisés consiste en la perception de la parole audiovisuelle présentée avec divers rapports de signal sur bruit (désormais appelé SNR, acronyme provenant de l'anglais, « signal to noise ratio ») afin de mesurer la contribution des indices visuels et auditifs à l'intelligibilité de la parole (Robert-Ribès et al., 1998 ; Sumby et Pollack, 1954 ; Summerfield, 1979 ; Schwartz et al., 2004). L'étude de Robert-Ribès et al. (1998) a particulièrement retenu notre attention. Ils ont soumis une tâche de perception de la parole de sept voyelles naturelles du français [i e y ø u o a] à 21 participants francophones sous trois conditions perceptives :

- a) Condition audio (stimuli unimodaux acoustiques) : présentation du signal audio des voyelles, selon huit SNR (sans bruit, 24dB, 12dB, 6dB, 0dB, -6dB, -12dB et -18dB) ;
- b) Condition visuelle (stimuli unimodaux visuels) : présentation vidéo des mouvements des lèvres du locuteur ;
- c) Condition audiovisuelle (stimuli audiovisuels) : présentation simultanée des mouvements des lèvres et du signal audio, selon les mêmes huit SNR.

Les résultats d'intelligibilité qu'ils ont obtenus pour chacune des conditions sont présentés à la figure 2.1.

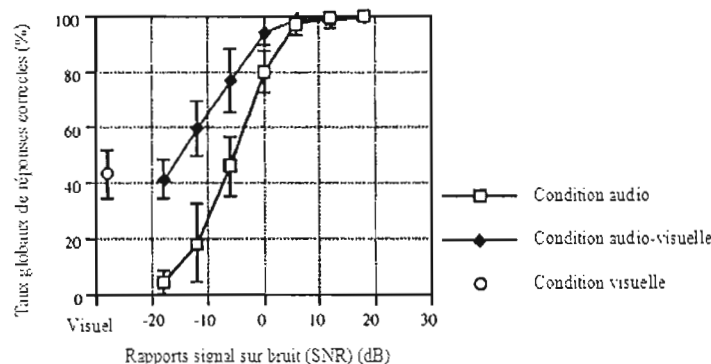


Figure 2.1 Taux d'intelligibilité en fonction de la condition de présentation des stimuli (adaptée de Robert-Ribès et al., 1998, tirée de Dupont, 2006).

D'abord, en condition audio, nous remarquons que l'identification est presque parfaite à $\text{SNR}=12\text{dB}$, tandis qu'elle est quasi nulle à l'autre pôle, soit $\text{SNR}=-18\text{dB}$. À ce rapport signal sur bruit, les participants semblent perdre toute habileté auditive leur permettant de discriminer les voyelles. Également, en condition audiovisuelle, la performance la moins élevée s'apparente fortement à celle obtenue dans la condition visuelle seule (41% dans la condition audiovisuelle à $\text{SNR}=-18\text{dB}$ versus 41% dans la condition visuelle). Ces résultats indiquent donc qu'à un rapport signal sur bruit de -18dB , l'information acoustique des voyelles n'est plus récupérable et que la perception audiovisuelle est complètement dépendante de la vision, laquelle permet de récupérer jusqu'à 41% de l'information vocalique. Aussi, pour tous les niveaux de SNR de -18dB à 12dB , nous constatons que les résultats perceptifs sont systématiquement plus élevés en condition audiovisuelle qu'en condition unimodale acoustique, démontrant l'apport univoque de la perception visuelle du mouvement des lèvres dans un environnement bruité. Cette supériorité d'intelligibilité des voyelles en condition bimodale sur la condition unimodale démontre une propriété de synergie entre les canaux visuel et auditif.

Par la suite, Robert-Ribès et al. (1998) ont comparé les pourcentages d'information transmise en condition unimodale acoustique et bimodale pour chacun des trois traits vocaliques (arrondissement, antériorité et aperture) afin d'étudier l'apport des canaux visuel et auditif dans le processus de perception de la parole. Ces résultats sont présentés en a) et b) de la figure 2.2.

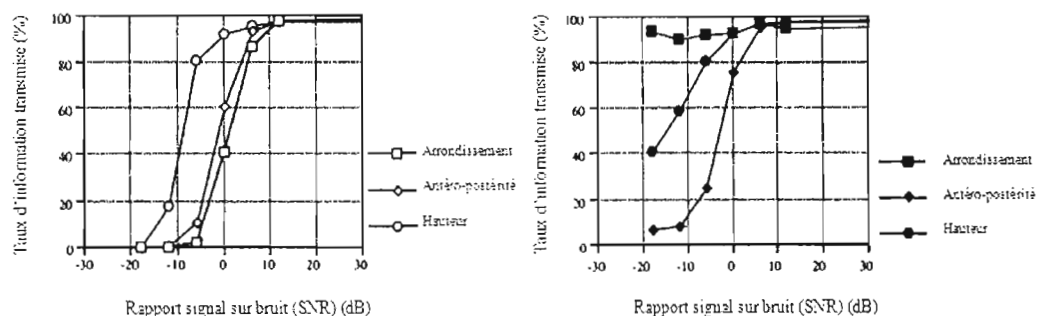


Figure 2.2 Taux d'information transmise en condition (a) unimodale acoustique et (b) bimodale (adaptée de Robert-Ribès et al., 1998, tirée de Dupont, 2006).

En condition unimodale auditive, les résultats démontrent que le trait de hauteur est le trait le plus robuste dans le bruit, tandis que les traits d'arrondissement et d'antéro-posteriorité ont plus ou moins la même robustesse, ce dernier ayant un léger avantage par rapport au premier. Par contre, lors de la perception audiovisuelle, il semble que le trait d'arrondissement soit le plus résistant au bruit, suivi de la hauteur et puis de l'antéro-posteriorité. À partir de ces résultats, les auteurs ont établi une hiérarchie de robustesse des traits en fonction des deux canaux, soit auditif et visuel. Cette dernière est présentée au tableau 2.1.

Tableau 2.1
Échelle de robustesse des traits vocaliques de la perception des voyelles dans le bruit (adapté de Robert-Ribès et al., 1998)

	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> → </div> </div>		
	- robuste		+ robuste
Canal auditif	arrondissement	antériorité	hauteur
Canal visuel	antériorité	hauteur	arrondissement

Cette échelle de robustesse permet de décrire l'apport de chacune des modalités dans la perception des traits vocaliques définissant les voyelles. D'abord, nous observons la place privilégiée du trait de hauteur dans les deux modalités sensorielles, étant respectivement aux premier et deuxième rangs des canaux auditif et visuel. La fiabilité de ce trait serait d'ailleurs une raison pour laquelle il est le plus utilisé dans l'inventaire des systèmes vocaliques du

monde (Lindblom, 1996). Toutefois, même si le trait d'arrondissement est le moins robuste dans le canal auditif, il s'avère être le plus résistant au bruit dans le canal visuel, ce qui n'est pas surprenant compte tenu de son caractère hautement visible. Somme toute, ce tableau démontre la complémentarité des deux canaux et l'importance de l'input visuel dans la perception audiovisuelle de la parole. De fait, lorsqu'un trait est peu robuste dans un des canaux, il l'est davantage dans l'autre, de sorte que chacun des canaux compense pour les faiblesses de l'autre.

2.1.2 Paradigme McGurk

Les premières données relatives à l'Effet McGurk, publiées en 1976 par McGurk et MacDonald, constituent l'une des démonstrations initiales appuyant l'idée selon laquelle la parole est bimodale. Dès lors, même dans une situation de communication idéale, on considère que le locuteur utilise les informations visuelles et auditives afin de décoder la parole. Les auteurs spécifient que l'information visuelle provenant du mouvement des lèvres du locuteur modifie profondément la perception auditive de la parole naturelle par des sujets normo entendants. L'Effet McGurk est une illusion audiovisuelle qui résulte de la combinaison d'un stimulus auditif et d'un stimulus visuel discordant. La manifestation la plus courante de ce phénomène est réalisée en utilisant une séquence audiovisuelle conflictuelle dont la partie auditive est le signal acoustique [ba] et la partie visuelle, l'articulation d'un locuteur produisant [ga]. Généralement, ce stimulus audiovisuel est perçu [da], un percept ne relevant ni totalement de la partie auditive, ni totalement de la partie visuelle, mais plutôt d'une fusion entre ces deux modalités, donnant un phonème dont le lieu d'articulation est intermédiaire. Tiippana et al. (2004) proposent que l'intégration des informations auditives et visuelles est fortement automatique puisque l'effet McGurk persiste même lorsque l'observateur est conscient que les stimuli ont été manipulés afin d'être conflictuels. Même si l'illusion McGurk est basée sur des stimuli de parole inhabituels, elle permet de démontrer que la perception de la parole est susceptible d'être influencée par l'information provenant du canal visuel (Cleary et Pisoni, 2001).

De nombreux autres chercheurs se sont intéressés à l'apport et à l'interaction des modalités auditives et visuelles sur divers aspects du processus de perception de la parole en utilisant le paradigme McGurk (Colin et al., 2002 ; Lisker et Rossi, 1992 ; Brancazio et al., 2003 ; Rosenblum et al., 1997 ; Massaro, 1984, Green et Kuhl, 1989 ; Tuomainen et al., 2005). Ces études ont, pour la plupart, utilisé les consonnes comme substrat de parole. Par exemple, Lisker et Rossi (1992) se sont intéressés à l'apport de la vision dans la perception du trait de voisement, tandis que Green et Kuhl (1989) ainsi que Brancazio et al. (2003) ont utilisé ce paradigme afin d'étudier le rôle de la vision au niveau de l'interaction entre le lieu d'articulation et le voisement pour les consonnes voisées et les consonnes non voisées respectivement. Toutes ces études arrivent au même postulat : les mécanismes perceptifs déterminant la structure interne des catégories phonétiques sont sensibles autant à l'information visuelle qu'à l'information auditive. Aussi, il semble que l'accès aux mouvements articulatoires par le canal visuel soit fonctionnel dès un âge aussi précoce que quatre ou cinq mois (Rosemblum et al., 1997 ; Kuhl et Metltzoff, 1982). Le fait que l'information fournie par la lecture labiale puisse être traitée par l'enfant, et même le bébé, est une implication forte en faveur du rôle de la vision dans la perception de la parole. Par contre, il semble que les auteurs ne s'entendent pas quant aux conditions d'apparition de cette bimodalité. Par exemple, Rosemblum et al. (1997) ont rapporté que les bébés de 5 mois manifestaient un effet McGurk, tandis que McGurk et MacDonald (1976), Massaro (1984), ainsi que Dupont et al. (2005) ont démontré que les enfants d'âge préscolaire présentaient une supériorité du canal auditif sur le canal visuel lors de la perception de stimuli conflictuels. Les auteurs interprètent ce résultat comme une preuve que l'information auditive aurait une plus grande influence que l'information visuelle sur la perception des catégories phonétiques dans l'acquisition du langage. Toutefois, tous ces auteurs confirment l'apport important de la vision dans la perception de la parole chez l'adulte.

2.1.3 Lecture labiale et visèmes

La lecture labiale, phénomène communément appelé « lire sur les lèvres », a d'abord été abordée pour son côté fonctionnel dans la compréhension de la parole chez la population sourde. À partir de configurations buccales particulières, le labio-lecteur peut, dans une

certaine mesure, inférer le message acoustique produit par le locuteur. De nombreux auteurs se sont ensuite intéressés aux indices visuels correspondant aux différentes configurations articulatoires des phonèmes dans le but de fournir une classification des unités vocaliques et consonantiques sur la base de leurs caractéristiques visuelles.

Le terme *visème* a été introduit par Fisher (1968) pour référer aux caractéristiques visuelles pertinentes à la reconnaissance des unités vocaliques et consonantiques. Étant le pendant visuel du phonème, il s'agit d'une unité oppositive qui met l'accent sur ce qui distingue visuellement les classes phonémiques, comme le propose lui-même Fisher (1968, p.800) : « *The phrase visual phoneme has been shortened to viseme, and will be used to refer to any individual and contrastive visually perceived unit* ».

Toutefois c'est en 1960 que ce concept de visème a, pour la première fois, été exploré, par Woodward et Barber. Ces auteurs ont démontré l'intérêt de découvrir s'il existait un lien entre les gestes articulatoires produits par un locuteur et leur interprétation phonémique par l'interlocuteur. À cette fin, ils ont administré un test de perception, pour lequel les 305 personnes recrutées devaient juger si les paires de stimuli présentées (en condition visuelle, audio et audiovisuelle) étaient semblables ou différentes. Le corpus de stimuli consistait en 229 séquences de syllabes C₁V-C₂V et C₁V-C₁V, où V correspondait à [a] ou [ɔ], et C à une des consonnes de l'anglais suivantes : [p b m f v t d n θ ð s z l ʃ ʒ ʒ tʃ dʒ j k g ŋ w h]. Les réponses obtenues ont permis à Woodward et Barber (1960) de proposer une hiérarchie des contrastes visuels donnant lieu à une interprétation phonémique. Seules les consonnes dont le lieu d'articulation est labial semblaient créer des confusions au sein de leur groupe, contrairement au type d'articulation, au type de résonance, à l'affrication, à la palatalisation et à d'autres lieux d'articulation, pour lesquels il y avait une neutralisation lors de la perception visuelle. Les auteurs ont ainsi créé quatre classes de consonnes pouvant être différenciées par la vision :

- les bilabiales : [p b m]
- les labiales non arrondies : [l ʃ w]
- les labiodentales : [f v]
- les non labiales : [t d n θ ð s z ʃ ʒ tʃ dʒ j k g ŋ h]

Plusieurs auteurs ont investigué la perception visuelle des voyelles, sans toutefois arriver à fournir de classes visuelles aussi précises et distinctes comme c'est le cas pour les consonnes (par exemple, pour le français, Abry et Boë, 1986 ; Benoît et al., 1992, et pour l'anglais, Montgomery et Jackson, 1983). Cependant, on remarque des tendances concernant les types d'erreurs lors de la perception visuelle. En fait, pour le français, les continuums d'arrondissement (arrondi et non arrondi) et de hauteur (fermé à ouvert) semblaient créer le plus de confusions vocaliques, démontrant peut-être certains groupes visuels (pour une revue de la littérature, voir Cathiard, 1994).

Mentionnons toutefois une partie de l'étude de Robert-Ribès et al. (1998) concernant la perception visuelle des voyelles. Dans le cadre de leur étude sur la complémentarité et la synergie dans la parole bimodale, présentée à la section 2.1.1, les auteurs ont créé plusieurs stimuli visuels, lesquels consistaient en des images vidéo du mouvement des lèvres et de la mâchoire d'un locuteur produisant des voyelles du français. Il est à noter que ces dernières permettent de contraster trois séries : les voyelles antérieures non arrondies, les voyelles antérieures arrondies et les voyelles postérieures arrondies. Ils ont analysé la configuration géométrique des lèvres afin de déterminer s'il existait réellement des différences articulatoires visibles dans la production de ces voyelles. Mentionnons brièvement le protocole expérimental de ces auteurs puisqu'il a fortement inspiré celui que nous avons utilisé lors de notre cueillette de données. Une caméra a permis d'acquérir des images de face du locuteur, lequel avait les lèvres maquillées en bleu. Cette couleur, absente des couleurs naturelles du visage, permettait, à l'aide d'un système de détection automatique par Chromakey (développé par Lallouache, 1990), d'obtenir une image dont les lèvres sont parfaitement noires, facilitant la mesure géométrique des contours labiaux. Trois paramètres géométriques de face ont été extraits, la largeur interlabiale (A), la hauteur interlabiale (B) et l'aire aux lèvres (S). À la suite de l'extraction de ces mesures, les auteurs ont créé différents graphiques représentant les valeurs des paramètres géométriques des lèvres sur les plans A/B et S/B pour chacune des voyelles, lesquels sont présentés à la figure 2.3.

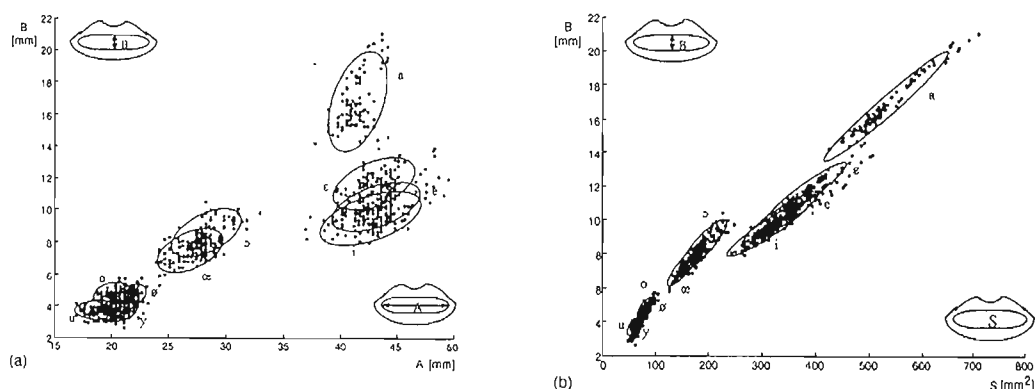


Figure 2.3 Représentation des stimuli visuels, sur les plans (a) A/B, et (b) B/S (A= largeur interlabiale, B= hauteur interlabiale et S=aire aux lèvres) (tirée de Robert-Ribès et al., 1998).

La figure (a) confirme un patron classique également trouvé chez Abry et Boë (1986) et Benoît et al. (1992), lequel présente une séparation claire entre les voyelles arrondies et les non arrondies, principalement basée sur le paramètre de largeur interlabiale, avec une subdivision dans chacun de ces groupes de voyelles basée sur le contraste de hauteur. Pour les voyelles arrondies, les paramètres de hauteur et de largeur interlabiales cernent parfaitement les différences d'aperture, en distinguant deux sous-groupes principaux correspondant aux voyelles fermées/mi-fermées d'un côté, et ouvertes/mi-ouvertes de l'autre. Pour les deux sous-groupes, le contraste d'antériorité était pratiquement invisible, ce qui n'est pas surprenant étant donné que la langue est un articulateur invisible. Pour les voyelles non arrondies, le paramètre de largeur interlabiale a été très constant, démontrant une séparation entre les voyelles non ouvertes [i e ɛ] (patron de lèvres écartées) et la voyelle ouverte [a] (patron d'ouverture sur le plan de la hauteur). La figure (b), quant à elle, démontre une forte corrélation entre les paramètres de hauteur interlabiale et d'aire aux lèvres ($r=0.98$), laquelle est encore plus importante si on considère les voyelles arrondies et non arrondies séparément. Finalement, les auteurs rapportent que le paramètre d'aire aux lèvres est fortement corrélé aux valeurs de largeur et de hauteur interlabiales ($A*B$) (aussi Abry et Boë, 1986; Benoît et al., 1992).

Le fait que les valeurs d'aire aux lèvres soient ainsi corrélées dans le cadre de l'analyse de ces auteurs nous a grandement influencé dans le choix de ce paramètre pour

notre analyse. Ces résultats démontrent clairement que les configurations articulatoires associées aux traits de hauteur et d'arrondissement, plus particulièrement pour ce dernier, sont perceptibles par le canal visuel. La section suivante propose une revue de la littérature sur l'unimodalité acoustique chez la population non voyante dans le but de cibler l'impact de la privation d'un sens pertinent au décodage de la parole, soit la vision.

2.2 Unimodalité auditive : le cas des aveugles

La section précédente nous a permis de mettre en lumière l'apport de la modalité visuelle dans le processus de perception bimodale de la parole. L'étude de populations présentant une privation sensorielle pertinente à la parole, ici la vision, s'avère être un paradigme de recherche privilégié pour mesurer l'influence de ce sens. En fait, c'est précisément parce que les locuteurs aveugles n'ont pas accès à l'information visuelle que leurs productions de la parole sont d'un intérêt particulier. Plus particulièrement, l'observation des habiletés de production de cette population, en les comparant à celles d'adultes normo-voyants, nous permettra de cibler davantage le rôle joué par l'information visuelle dans le traitement des unités linguistiques. Nous présentons une revue sommaire de la littérature sur les habiletés en perception et en production de la parole des adultes et enfants n'ayant pas accès à l'information provenant du canal visuel. Notre projet étant le prolongement de l'étude menée par Dupont (2006), nous nous basons sur sa revue de la littérature, hautement détaillée et complète, concernant les habiletés de perception et de production de la population non voyante.

2.2.1 Habiletés en perception auditive des auditeurs aveugles

Maints chercheurs se sont intéressés à la question des habiletés en perception auditive de la population non voyante. Plusieurs d'entre eux ont avancé l'hypothèse de capacités auditives supérieures chez les aveugles par rapport aux voyants, en postulant des habiletés compensatoires du canal auditif palliant la privation sensorielle. Certains auteurs ont supposé que cette supériorité auditive serait le fruit d'une réorganisation corticale, d'une sensibilité

accrue aux stimuli auditifs ou même d'un effet de pratique. Mais, à partir des travaux effectués jusqu'à présent, il ne semble pas si clair que les personnes non voyantes possèderaient ces habiletés auditives supérieures qu'on leur confère.

Miller (1992) a effectué un survol des études ayant été menées durant les années 1960 à 1980 dans l'intérêt de vérifier si un patron de supériorité auditive chez les aveugles pouvait se dégager et si oui, quels types de facteurs de compensation pouvaient l'expliquer. Plus précisément, elle a examiné les travaux dans l'optique de départager deux hypothèses de compensation auditive. D'une part, le modèle structural de compensation suggère, dans le cadre de la plasticité cérébrale, une réorganisation corticale ou une relocalisation des ressources au profit du traitement de l'information auditive. D'autre part, dans le modèle stratégique, l'information disponible au sens fonctionnel et la façon dont l'information est traitée sont équivalents pour les aveugles et les voyants. En fait, cette compensation auditive supérieure chez les non voyants s'expliquerait par des effets attentionnels ou de pratique, à savoir la fréquence d'exposition aux stimuli auditifs.

Ainsi, l'auteure a examiné un échantillon de 20 études qui comparent le traitement de l'information auditive entre les aveugles et les voyants, desquelles 39 groupes formels de comparaison ont été retenus. Parmi ceux-ci, la majorité, soit 22 groupes, a démontré des performances supérieures chez les aveugles, tandis que seulement six suggèrent que le groupe contrôle de voyants possède de meilleures capacités de perception auditive. Nous présentons les grandes tendances ressortant de la synthèse de Miller (1992), sans toutefois évoquer chacune des études. Par la suite, nous décrirons plus en détails certaines des études présentées par Mills, de même que certaines autres plus récentes en spécifiant les types de tâches utilisées.

Parmi les études rapportées par Miller (1992), la supériorité en perception auditive des aveugles a été démontrée davantage au niveau de tâches auditives complexes et de tâches n'impliquant pas de stimuli langagiers. Plus spécifiquement, les performances des aveugles ont été supérieures à celles des voyants dans des tâches de discrimination de fréquence (Juurmaa, 1967 ; Starlinger et Niemeyer, 1981), de comparaison de courbes mélodiques (Juurmaa, 1967 ; Pitman, 1965 ; Witkin et al., 1968), de discrimination du nombre de voix contenues dans un chœur et de détection de changement de voix dans des chœurs successifs

(Pitman, 1965), d'identification de voix non familières (Bull et al., 1983 ; Rice, 1970), d'écoute dichotique de chiffres (Karavatos et al., 1984) et d'identification monaurale de phrases, de nombres et de voyelles présentés dans le bruit (Niemeyer et Starlinger, 1981). Toutefois, pour les tâches de détection de bruit ou de discrimination de l'intensité en écoute dichotique (Benedetti et Loeb, 1972 ; Niemeyer et Starlinger, 1981), les performances des non voyants sont similaires à celles des voyants. Aussi, pour des tâches de différenciation d'intensité en écoute dichotique de tons purs (Juurmaa, 1967), de séquences consonne-voyelle (CV) et de noms (Bertelson et al., 1987 ; Larsen et Hakonsen, 1983), les performances des aveugles s'avèrent inférieures à celles des voyants. Elles sont également moins bonnes chez les enfants aveugles pour des tâches de dénomination d'objets associés à des sons (Bartholomeus, 1971), mais supérieures pour des tâches perceptives de type AXB (Axelrod, 1959).

À la suite de cette revue, Miller (1992) expose certaines réserves quant aux conclusions de certains auteurs par rapport à l'évaluation des habiletés auditives. En fait, elle souligne la présence d'une grande variabilité en ce qui a trait à certaines caractéristiques de la population aveugle, telles que l'âge d'apparition, la durée et le degré de cécité. En somme, plusieurs études ne fournissent pas d'informations détaillées sur l'histoire de leurs sujets ou elles présentent des groupes mixtes sans aucune analyse de sous-groupes. Toutes ces réserves empêchent l'auteur de formuler une conclusion robuste quant au patron de compensation auditive :

« In summary, neither attentional nor capacity models of performance seem to be favored by the differences observed » (Miller, 1992, p.207).

« It is still by no means clear the extent to which observed differences in auditory processing associated with visual impairment represent variations in underlying capacity, the development of strategies, attentional activation, or all these factors » (Miller, 1992, p.209).

Une des conclusions principales à tirer de cette synthèse est l'importance à accorder à l'homogénéité des caractéristiques de la population aveugle étudiée puisqu'elles ont un impact considérable sur les habiletés que développent les non voyants. Stankov et Spilsbury (1978, p.492) rapportent également que le degré de vision n'est souvent pas pris en compte

dans les études sur les non voyants : « [...] *in most of the studies quoted, degree of vision was not properly controlled* ».

Stankov et Spilsbury (1978) ont administré une batterie de 26 tests auditifs à trois groupes de 30 sujets âgés de 10 à 15 ans : aveugles, partiellement aveugles et voyants. Parmi les trente sujets aveugles, 14 étaient aveugles depuis la naissance, deux le sont devenus à trois et cinq ans respectivement, et les autres avaient une vision résiduelle d'une perception lumineuse à la perception de certains mouvements grossiers de formes. Dans le but d'examiner les différences quant aux capacités de perception auditive entre ces trois groupes, les auteurs ont testé différents types d'habiletés auditives et cognitives auprès des sujets, parmi lesquelles se trouvaient la perception temporelle, la perception de la parole sous des conditions de distorsion ou de distraction, le maintien et jugement du rythme et la discrimination de patrons tonals. À la suite de ces tests, il ressort que les sujets aveugles possèdent de meilleures capacités à discriminer les patrons tonals, mais leurs performances sont moins bonnes dans les tâches de maintien et de jugement du rythme comparativement aux sujets voyants. Toutefois, aucun de ces groupes ne se démarque au niveau de la perception temporelle et de la perception de la parole sous des conditions de distorsion ou de distraction.

Starlinger et Niemeyer (1981) débutent leur article comme suit : « *Loss of the visual information channel in the blind results in greater emphasis on other sensory modality* ». Toutefois, ils précisent que : « [...] *some kind of better hearing has been supposed in the blind for a long time, but apparently without an audiological concept of how to clarify this question systematically* ». Ils ont mené deux études (Starlinger et Niemeyer, 1981 ; Niemeyer et Starlinger, 1981) auprès de 18 étudiants aveugles et autant de voyants, tous âgés entre 18 et 27 ans et locuteurs de l'allemand, dans l'optique d'examiner les processus d'analyse périphérique et centrale de l'information auditive. Leur hypothèse de départ est qu'une meilleure utilisation de l'information auditive devrait se refléter par une augmentation de l'efficacité analytique, laquelle serait démontrée par l'amélioration de la discrimination de certains paramètres auditifs comme l'intensité, la fréquence et le temps des stimuli sonores. Ainsi, dans une perspective audiolinguistique, ils ont d'abord soumis les sujets à certains tests de base obligatoires, tels qu'un examen otologique, un audiogramme de tons purs et une

tympanométrie afin de vérifier l'intégrité des organes auditifs et la présence de fonctions auditives de base normales. Cet examen de base a été suivi de quatre tests audiologiques spécifiques, soit un test d'audition par médiophone afin de mesurer les différences dans les temps de réponse pour la localisation gauche droite, un test de discrimination de seuils différentiels d'intensité et de fréquence, de même qu'une tâche testant le réflexe stapédien controlatéral, lequel consiste en une réaction de contraction des muscles du tympan soumis à un son de forte intensité. En somme, les résultats ont démontré que les aveugles ne manifestent aucun raffinement en ce qui a trait au seuil différentiel de la durée, de l'intensité ou de la fréquence des sons, pas plus qu'ils ne possèdent une plus grande sensibilité aux intensités sonores supraliminales. Alors, s'il y a une amélioration du traitement de l'information acoustique chez les aveugles, cette meilleure utilisation ne se traduit pas par une meilleure perception périphérique des sons.

Toutefois, cette étude ayant porté davantage sur des paramètres simples de l'audition, lesquels consistaient plutôt en des informations isolées rarement rencontrées dans la vie quotidienne, les auteurs ont voulu pousser plus loin le réalisme de l'expérience en investiguant les fonctions auditives centrales des mêmes sujets. Ainsi, dans leur deuxième étude, Niemeyer et Starlinger (1981) ont examiné les mécanismes centraux des sujets et les résultats se sont avérés davantage concluants. En fait, dans une tâche d'écoute dichotique de Chocholle, laquelle implique l'intégration binaurale de tons purs et de bruit à différentes intensités, les aveugles ont démontré de meilleures habiletés à discriminer les différences d'intensité des tons lorsque le bruit était présenté à l'oreille controlatérale. Aussi, dans les tâches de discrimination de la parole à différents niveaux sémantiques (chiffres binaires, substantifs monosyllabiques, phrases prononcées en présence ou absence d'un bruit ambiant de 50dB), la performance des aveugles s'est avérée significativement supérieure à celle des voyants, spécialement lors de la discrimination de phrases, le plus haut niveau sémantique. Finalement, la latence des potentiels évoqués, lors de la présentation de tons purs, s'est trouvée significativement plus courte chez les aveugles, sans toutefois présenter une modification de l'amplitude des ondes. Les auteurs n'avancent pas de conclusion définitive quant aux résultats obtenus à cette deuxième partie, mais ils postulent que la meilleure utilisation de l'information auditive chez les aveugles est sûrement le fruit d'une réorganisation cérébrale présente à la suite d'une cécité prolongée. Notons cependant que les

participants aveugles de leurs deux études ne formaient pas un groupe des plus homogènes puisque la durée de la cécité était assez variable d'un auditeur à l'autre.

En lien avec certaines recherches précédentes sur la plasticité et la réorganisation du cerveau chez les personnes sourdes, Hughdal et al. (2004) ont expérimenté l'idée selon laquelle l'absence d'input visuel, chez les personnes non voyantes, donnait lieu à un traitement différent des stimuli présentés à la modalité auditive. À cette fin, ils ont soumis une tâche d'écoute dichotique de syllabes à 14 adultes aveugles et 129 adultes voyants locuteurs du finnois. Les participants devaient rapporter spontanément la syllabe perçue ([ba da ga pa ta ka]) et ce, sous trois conditions de rappel : rappel sans condition préalable de l'attention, rappel de la perception de l'oreille droite et rappel de la perception de l'oreille gauche. Toutes conditions confondues, les auditeurs voyants ont fourni une performance de rappel inférieure à celle des auditeurs aveugles. Aussi, ces derniers ont rapporté significativement plus de bonnes réponses aux stimuli présentés à l'oreille droite dans la condition sans direction préalable de l'attention, ainsi qu'aux stimuli présentés à l'oreille gauche dans la condition de rappel à l'oreille gauche. Somme toute, les résultats permettent de confirmer l'hypothèse des auteurs selon laquelle les personnes aveugles possèdent une sensibilité accrue pour la détection des sons de la parole, et sont davantage précis dans l'utilisation de l'attention dirigée vers une source précise. D'après les auteurs, ces différences seraient le fruit d'une réorganisation hémisphérique pour la perception de la parole chez la population aveugle.

Gougoux et al. (2004) se sont également demandés si les aveugles développent des habiletés supérieures en perception auditive afin de compenser l'absence de vision, plus particulièrement en ce qui concerne certains domaines auditifs comme l'écoute de musique ou de voix. Ils ont comparé la performance dans la perception de la direction du changement de hauteur (*pitch*) d'un groupe de sujets adultes devenus aveugles très tôt ($n=7$: 21-41 ans, début de la cécité entre 0 et 2 ans), un groupe de sujets adultes devenus aveugles plus tard ($n=7$: 24-46 ans, début de la cécité entre 5 et 45 ans) et un groupe contrôle de sujets adultes voyants ($n=12$: 21-37 ans). La tâche consistait en l'écoute binaurale de plusieurs séries de deux tons purs consécutifs de fréquences différentes afin de rapporter si le second ton était descendant ou montant par rapport au premier. Les paires de stimuli ont été manipulées selon

la durée (de 20,8 ms à 333 ms) et la différence de fréquence (de 1/8 à 1/128 d'octaves). Pour tous les sujets, la performance était significativement réduite lorsque soit la durée ou la différence de fréquence des tons étaient diminuées. De plus, les sujets dont la cécité avait été acquise tôt ont démontré une performance globale significativement meilleure que les sujets l'ayant acquise tard et les sujets voyants, démontrant une forte corrélation entre l'âge du début de la cécité et la performance. Les résultats suivent ce patron autant pour les parties temporelle (durée) et spectrale (différences de fréquence) de l'ensemble des données. Or, aucune différence significative n'a pu être détectée entre les aveugles ayant acquis leur cécité tard et les sujets voyants. Les auteurs concluent que des mécanismes auditifs compensatoires suivant la privation sensorielle peuvent s'étendre au-delà du domaine spatial, et attribuent cette différence entre les aveugles ayant acquis leur cécité tôt et ceux l'ayant acquise tard à la plasticité cérébrale, laquelle est plus efficace durant les premiers stades du développement de l'enfant. Toutefois, d'autres études menées auprès de population aveugles par l'équipe de Lepore de l'Université de Montréal proposent que la structure neuronale puisse être réorganisée même après les premières années de vie et que d'importantes compensations peuvent se produire à l'âge adulte (Voss et al., 2004 ; Voss et al., 2006).

En somme, jusqu'à présent, les études ont davantage porté sur des stimuli non linguistiques, comme des tons purs, ou des stimuli linguistiques demandant des processus d'accès lexical, comme des mots ou des phrases. L'étude de Dupont (2006) a fourni un apport original aux travaux portant sur la perception auditive des aveugles en étudiant leur perception de la parole sur la base d'identification phonémique. Plus spécifiquement, l'auteure a, d'une part, caractérisé les capacités d'identification des voyelles des sujets voyants et non voyants selon les traits d'aperture, de lieu d'articulation et d'arrondissement, et d'autre part, caractérisé les capacités de discrimination des voyelles selon certains continuums pour chacun des trois traits articulatoires. Les stimuli qui ont été utilisés pour le test d'identification de voyelles étaient les prototypes acoustiques français de [i y u e ø o ε œ ɔ a α], lesquels ont été synthétisés à l'aide du modèle articulatoire VLAM à partir de l'interface GROWTH. Ces prototypes acoustiques modélisaient sept stades de croissance du conduit vocal (0, 2, 3, 8, 12, 16 et 21 ans) et les sept fréquences fondamentales qui leur sont associées. Ainsi, le test de perception consistait en la présentation aléatoire de

deux occurrences de chacune des 490 voyelles créées, lequel a été administré à six sujets adultes aveugles et autant de voyants afin de décrire l'organisation de la perception des voyelles orales du français québécois. Contrairement à de nombreuses études, Dupont a contrôlé la variabilité dans l'âge d'apparition de la cécité, dans le degré de cécité et dans l'âge des sujets : les participants étaient tous âgés entre 35 et 54 ans et sont devenus aveugles avant l'âge de un an. L'analyse des pentes Probit et des aires des différentes catégories vocaliques, étant des indices du caractère catégoriel de leur perception, n'a révélé aucune différence significative entre les sujets aveugles et les sujets voyants. Toutefois, l'auteure spécifie que les sujets non voyants ont eu tendance à présenter des valeurs de frontière catégorielle, principalement les frontières mi-fermées/mi-ouvertes et mi-ouvertes/ouvertes, un peu moins élevées que celles des sujets voyants.

Pour le test de discrimination de voyelle de type AXB, l'auteure a créée trois continuums de voyelles synthétisées, en faisant varier les valeurs de F1, F2 et F3 de façon à obtenir une opposition relative au trait d'aperture ([i] à [e]), au trait de lieu d'articulation ([y] à [u]) et au trait d'arrondissement ([i] à [y]). La tâche des sujets consistait à spécifier laquelle de la première (A) ou de la troisième voyelle (B) était semblable à celle du centre (X). Les résultats obtenus à cette deuxième partie ont démontré que les sujets aveugles et voyants ont des capacités similaires de discrimination des voyelles, même si les aveugles présentaient de meilleurs taux de discrimination des traits d'antériorité et d'arrondissement. En somme, les résultats obtenus à ces deux parties démontrent que les habiletés en perception des aveugles ne sont pas différentes de celles des normo voyants, malgré que les premiers n'aient pas accès à la vision.

Le tableau suivant fournit une synthèse des travaux présentés concernant les habiletés auditives des aveugles. À la lumière de ces études, il semble qu'aucun patron précis ne puisse découler en faveur d'une supériorité en perception auditive chez les aveugles.

Tableau 2.2
Synthèse des résultats des études sur la perception auditive
(adapté de Dupont, 2006)

Tâche	Tests/stimuli	Type de stimuli (P=parole, A=autres)	Performances aveugles vs voyants
Discrimination	Courbes mélodiques	A	Supérieures
	Patrons sonores (items musicaux et verbaux)	A et P	Supérieures
	Intensité tons purs	A	Égales et inférieures
	Hauteur de tons purs	A	Supérieures
	Séquences CV	P	Inférieures
	Noms	P	Inférieures
	Nombre de voix dans un chœur	P	Supérieures
	Changement de voix dans des chœurs successifs	P	Supérieures
	Chiffres, mots, phrases dans le bruit	P	Supérieures
	Erreurs de prononciation	P	Supérieures
	Voyelles synthétisées	P	Égales
Identification	Voix familières	P	Supérieures
	Objets	P	Inférieures
	Voyelles synthétisées de sept stades de croissance	P	Égales
Écoute dichotique	Chiffres	P	Supérieures
	Séquence CV	P	Supérieures
	Tons purs	A	Égales
Autres	Maintien/jugement du rythme	A	Inférieures
	Détection de bruit	A	Égales
	Latence des potentiels évoqués corticaux (tons purs)	A	Supérieures
	Localisation gauche-droite	P et A	Égales
	Perception de la parole en condition distorsion/distraction	P	Égales

2.2.2 Habiletés en production de la parole : études développementales

La littérature portant sur les habiletés en production de la parole chez la population non voyante est peu volumineuse. Autant les études concernant les capacités en perception auditive chez les aveugles ont été menées auprès d'adultes, celles concernant la production de la parole l'ont davantage été auprès d'enfants, dans une perspective développementale. Mills (1987) démontre parfaitement l'intérêt de ce genre d'études pour les théories développementales ainsi que pour l'impact de l'absence de la vision dans l'acquisition de la parole :

« By describing carefully the process of acquisition on speech sounds in children who do not have access to the visual channel, the principles of the analysis of information from the auditory channel become clearer and the role of lip-read information for sighted children can be described more accurately » (Mills, 1987, p.146).

Dès leurs premiers balbutiements, les nourrissons ont accès à la vision pour percevoir les mouvements des lèvres et de la mâchoire des gens qui les entourent, ce qui leur servira d'intermédiaire dans le processus d'imitation, lequel est inhérent à l'acquisition de la parole. Plusieurs observations ont montré que durant la période préverbale, les bébés voyants exercent leurs articulateurs en effectuant une imitation silencieuse des mouvements articulatoires visibles (Lewis, 1975). En fait, il semble que l'accès aux mouvements articulatoires par le canal visuel soit fonctionnel dès un âge aussi précoce que quatre mois (Kuhl et Metltzoff, 1982) ou cinq mois (Roseblum et al., 1997). Dodd (1983) rapporte mêmes des preuves expérimentales en faveur d'un âge aussi précoce que dix semaines. Elle a démontré que même si les bébés ne peuvent pas en comprendre le sens, lorsque le signal acoustique et le mouvement des lèvres sont discordants, ils en sont conscients. Il semblerait donc que le lien entre l'audition, la vision et la dynamique articulatoire s'installe assez rapidement au cours du développement. Toutefois, le tableau n'est pas le même pour les enfants aveugles. En fait, quand ils exercent leurs articulateurs, ils n'ont accès à aucune rétroaction visuelle, telles que des sourires ou des expressions faciales favorables (Fraiber, 1974, cité dans Mills, 1987). L'input visuel n'étant évidemment pas disponible pour l'enfant aveugle, il n'est pas en mesure à ce stade de son développement langagier de relier

l'information visuelle des mouvements articulatoires perçus à la perception kinesthésique de sa propre imitation.

On note également que le babillage commence vers l'âge de six ou sept mois autant pour les bébés voyants que les bébés aveugles (Burlingham, 1961 ; Warren, 1977), cependant chez ces derniers, le babillage s'étend sur une plus longue période, allant de pair avec les délais observés dans l'acquisition des premiers mots (Landau, 1983, cité dans Mills, 1987).

Elstner (1983) et Mills (1987) ont toutes deux effectué une revue de la littérature sur les incidences de déviations articulatoires et d'autres anomalies reliées à la communication verbale chez les enfants aveugles. Selon Elstner (1983), une grande proportion des enfants aveugles ou partiellement aveugles démontrerait des troubles dans leur développement du langage, particulièrement des troubles de nature phonologique ou phonétique. En fait, dans la littérature qu'elle expose, de 33% à 62% des enfants aveugles présenteraient un développement du langage déviant. Lorsque nous considérons les travaux de l'auteure menés auprès d'enfants aveugles âgés entre trois et neuf ans, les pourcentages d'incidence augmenteraient jusqu'à 86%.

Cependant, les propos de Mills (1987, p.149) invitent à la prudence : « *The definitions of articulatory deviation or disorder vary. This makes an evaluation and comparison of the data extremely difficult* ». De plus, elle souligne la difficulté à trouver des populations aveugles et voyantes comparables, un autre facteur important dans l'interprétation des résultats. Dans sa revue de la littérature, Mills (1987) cite deux études sur la dynamique articulatoire des lèvres chez des enfants aveugles, pour lesquelles les résultats divergent. D'un côté, dans son étude, Eisenstadt (1955) n'a trouvé aucune différence quant aux mouvements des lèvres entre les enfants aveugles et voyants lors de la production. D'un autre côté, l'étude de Göllesz (1972), qui est de loin la plus précise, rapporte une dynamique labiale moins importante chez des adolescents aveugles du hongrois. Pourtant, cette différence articulatoire ne se traduisait pas par une distinction des propriétés acoustiques de la production. Göllesz (1972) attribue cette invariance acoustique à l'action compensatoire des articulateurs de la cavité orale. Cette étude confirme certaines de nos hypothèses quant aux productions articulatoires et acoustiques des locuteurs adultes aveugles. En fait, il semblerait qu'arrivés à maturité articulatoire, les aveugles utiliseraient des stratégies articulatoires

différentes de celles des voyants, mais que leur modèle interne serait en place afin d'atteindre les mêmes cibles acoustiques que les voyants.

Mills (1983) a effectué une étude de cas auprès d'une enfant aveugle germanophone dans le but d'étudier le rôle de l'information visuelle dans le développement de la parole, plus particulièrement dans l'acquisition des consonnes. Elle a comparé les productions spontanées, où seule la consonne initiale a été considérée, et les répétitions de séquences [Ca] de l'enfant germanophone aveugle de naissance (1;9 à 2;1 ans) à celles de deux enfants anglophones (1;6 et de 2;2 à 3;0 ans respectivement). Les trois enfants présentaient une audition normale ainsi qu'un développement cognitif et moteur habituel. L'auteur a avancé certaines prédictions quant aux patrons d'acquisition de la phonologie chez les enfants aveugles et voyants, selon l'accès ou non à l'information visuelle des mouvements articulatoires visibles provenant du canal visuel. En somme, les enfants voyants vont apprendre les phonèmes dont les articulateurs sont visibles plus vite et avec moins d'erreurs, ils produiront davantage de substitutions phonologiques à l'intérieur d'un même groupe visuel que d'un groupe visuel à l'autre, tandis que les enfants aveugles seront principalement influencés par les similarités acoustiques, créant plus d'erreurs de substitutions à travers les groupes visuels. Les résultats obtenus confirment ces trois prédictions. D'abord, les enfants voyants ont fait moins d'erreurs pour les mots commençant par une consonne bilabiale ([p], [b] et [m]), dont l'articulation est visible, que pour les consonnes qu'ils peuvent moins bien percevoir par le canal visuel, telles que les consonnes labio-dentales, dentales, alvéolaires et vélaires. Aussi, pour les deux types de tâches (productions spontanées et répétition de séquences), l'enfant aveugle a fait significativement plus d'erreurs de substitutions phonémiques entre les catégories visuelles que les enfants voyants, ces derniers ayant eu davantage de difficultés à différencier les consonnes à l'intérieur d'un même groupe visuel.

Toutefois, la portée de cette expérience reste limitée étant donné que les productions d'une seule enfant aveugle germanophone ont été recueillies et comparées à celles de deux enfants voyants anglophones. Mills a donc repris le même paradigme expérimental en 1987 afin de dresser un tableau plus complet du développement phonologique chez les aveugles. Les données de l'enfant aveugle ont été reprises et ajoutées à celles de deux autres enfants aveugles également germanophones âgés entre 1;0 an et 2;4 ans. Malgré le fait que le degré

de cécité était variable pour les trois enfants, aucun d'entre eux ne pouvait percevoir le mouvements des lèvres. Les productions spontanées des enfants aveugles ont été comparées à celles de trois enfants voyants germanophones âgés entre 1;1 et 1;11 an. Encore une fois, seule la consonne initiale des mots spontanés a été considérée. Une analyse statistique prenant en compte les facteurs de vision/cécité des sujets, d'articulation visible/non visible des consonnes et de bonnes/mauvaises réponses des sujets ont permis de confirmer les hypothèses de la première étude (Mills, 1983). Les résultats sont présentés au tableau 2.3.

Tableau 2.3
Pourcentage de bonnes productions des consonnes initiales selon la visibilité des
mouvements articulatoires du son chez les enfants voyants et aveugles
(adapté de Mills, 1987)

	Voyants			Aveugles		
	1	2	3	1	2	3
Articulation visible	69 <i>n</i> =85	81 <i>n</i> =141	87 <i>n</i> =194	39 <i>n</i> =201	73 <i>n</i> =142	65 <i>n</i> =89
Articulation non visible	32 <i>n</i> =71	69 <i>n</i> =331	46 <i>n</i> =198	45 <i>n</i> =265	62 <i>n</i> =315	38 <i>n</i> =128

Le tableau 2.3 démontre une variabilité interindividuelle importante dans le nombre de productions, toutefois les voyants ont donné significativement plus de bonnes réponses, lesquelles sont définies par la production de la consonne appropriée pour le mot produit. Aussi, ce groupe a fait significativement moins d'erreurs avec les consonnes dont les articulateurs sont visibles, et donc moins d'erreurs de substitutions entre les catégories visuelles comparativement aux enfants aveugles. Ces derniers ont fait davantage d'erreurs en général et ils en ont commis surtout avec les consonnes dont l'articulation est visible. En somme, les deux études de Mills présentées (1983 ; 1987) suggèrent que les enfants aveugles suivent un patron de développement phonologique différent et légèrement plus lent que celui des enfants voyants, et que cela peut être attribuable à l'absence d'input visuel. Cependant, l'auteure précise que même si l'information visuelle est importante dans le développement de la phonologie, elle n'est pas cruciale dans l'acquisition à long terme.

Lucas (1984), dans une tâche d'imitation, n'a trouvé aucune différence significative entre les productions de dix enfants aveugles âgés entre cinq et sept ans et dix enfants voyants du même groupe d'âge. Ce n'est pas la conclusion à laquelle arrivent Thomas et al. (2000) dans leur étude menée auprès de huit enfants malvoyants âgés entre 6;5 et 9;5 ans et un groupe contrôle d'enfants voyants. Dans une tâche de répétition de logatomes, les enfants non voyants étaient significativement déficitaires par rapport aux enfants voyants, spécialement en ce qui concerne les phonèmes s'opposant par le lieu d'articulation, tels que [p] et [k]. À partir des observations de Thomas et al. (2000), Prost et al. (2002) ont testé l'effet d'un entraînement de la conscience phonologique sur la capacité à identifier et produire correctement le lieu d'articulation des consonnes chez les enfants malvoyants. À cette fin, ils ont formé deux groupes de sujets, le groupe A était composé de sept enfants déficients visuels (moyenne d'âge : 7.8 ans), dont six enfants amblyopes et un enfant aveugle, et le groupe B était composé de sept enfants déficients visuels (moyenne d'âge : 7.2 ans), dont cinq enfants amblyopes et un enfant aveugle. Notre intérêt étant principalement porté sur les compétences en conscience phonologique chez les aveugles, nous ne présenterons que la première évaluation phonologique à laquelle les sujets ont été soumis. Globalement, les résultats divergeaient entre les deux groupes, mais l'analyse phonologique de leurs erreurs révèle un patron duquel les auteurs relèvent certaines erreurs spécifiques concernant le mode articulatoire, le lieu d'articulation et le voisement.

Jusqu'à présent, seules des études sur l'acquisition de la parole chez les enfants aveugles ont été recensées. À l'exception de la recherche de Göllesz (1972), aucune n'avait fourni, jusqu'à tout récemment, de description acoustique ou articulatoire des productions des aveugles. En effet, l'étude de Dupont (2006) a apporté une contribution originale à l'étude de la production de la parole chez les locuteurs adultes aveugles. Notons qu'il s'agit de la seule étude portant sur les propriétés acoustiques et articulatoires de la production de locuteurs adultes non voyants. D'une part, elle a fourni une description de leur organisation acoustique de la production des voyelles du français québécois et d'autre part, elle a proposé une étude de cas sur leur planification motrice de l'anticipation labiale d'arrondissement. Ainsi, les mêmes six sujets aveugles et six sujets voyants ayant participé à la partie perceptive de l'étude de Dupont (2006), décrite à la section 2.2.1, ont pris part à cette deuxième partie

sur les habiletés en production de la parole. D'abord, les sujets avaient pour tâche de produire les onze voyelles du français québécois [i y u e ø o ε œ ɔ a ɑ] en position tenue isolée à l'intérieur d'une phrase porteuse, selon deux contextes de rétroaction auditive : « sans bruit » et « avec bruit ». En fait, afin d'évaluer le rôle de la rétroaction auditive dans la production des voyelles et de vérifier la stabilité des représentations articulatoire-acoustiques internes des deux groupes, l'auteure a manipulé la quantité de rétroaction à laquelle les sujets avaient accès en ajoutant un bruit blanc gaussien. À partir des résultats, des trapèzes acoustiques dans l'espace F1 vs F2 (en Hertz) et F1-F0 vs F2-F1 (en Bark) ont été créés pour chacun des sujets. Globalement, les résultats démontrent que les productions des aveugles sont comparables à celles des voyants. L'auteure résume ses résultats ainsi :

« [...] la condition de perturbation de la rétroaction auditive a permis d'observer une diminution généralisée de la taille des AVS [espace vocalique moyen], des distances euclidiennes entre les voyelles s'opposant sur la base du trait d'arrondissement et une augmentation fréquente de celles s'opposant sur la base du trait d'aperture. Nous avons tout de même pu observer une légère tendance des sujets aveugles à présenter des AVS de plus petite taille que les voyants et ce, dans les deux conditions de bruit » (Dupont, 2006, p.189).

Finalement, Dupont (2006) présente une étude comparative entre deux sujets aveugles et deux sujets voyants sur les stratégies articulatoires utilisées dans l'anticipation du mouvement de constriction labiale associé à l'arrondissement. À cette fin, les données géométriques des lèvres ont été enregistrées ainsi que le signal audio lors de la production de phrases dont les séquences cibles avaient la forme de [iC_ny], où n correspondait à une suite de 0 à 5 consonnes symétriques. Un patron de similarité entre les comportements de production de la parole des aveugles et des voyants a également été trouvé dans l'analyse de ces données. Somme toute, l'étude de la production de la parole des sujets aveugles présentée par Dupont (2006) constitue un apport considérable aux recherches sur l'unimodalité acoustique.

Cependant, aucune étude n'a fourni, jusqu'à maintenant, de description articulatoire des mouvements linguaux et labiaux impliqués dans la production vocalique de locuteurs aveugles. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous basons principalement sur les résultats acoustiques de Dupont (2006) afin de postuler nos hypothèses. De fait, sachant que les résultats acoustiques de la population aveugle sont similaires à ceux de la population voyante,

nous tenterons de caractériser les différentes compensations articulatoires en jeu dans leur production. À la section suivante, nous présentons le protocole expérimental qui, nous l'espérons, permettra de fournir une description articulatoire des lèvres détaillée des productions des locuteurs aveugles et voyants, pour ainsi relier les propriétés articulatoires aux propriétés acoustiques de leurs productions.

DEUXIÈME PARTIE

MÉTHODOLOGIE

CHAPITRE III

PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

Le recrutement des participants adultes aveugles et voyants, le corpus utilisé ainsi que les techniques d'analyses acoustiques et articulatoires seront explicités au cours de ce chapitre. Tel que la partie théorique précédente l'a étayé, l'objet de ce mémoire est l'étude du rôle joué par la vision dans les mécanismes de production sous-tendant la parole chez l'adulte, mais plus particulièrement dans la planification des gestes articulatoires des unités linguistiques. Des données de nature acoustique et cinématique de quatre voyelles orales du français québécois ont ainsi été recueillies chez ces deux populations afin de mesurer l'impact de la modalité visuelle sur la réalisation des gestes articulatoires de la parole. Rappelons que les objectifs de cette recherche sont exprimés en ces termes :

- Articulatoire
 - o Décrire la dynamique labiale de la production des voyelles [a], [i], [u] et [y] en termes d'aire aux lèvres et de protrusion des participants voyants et non voyants.
- Acoustique
 - o Décrire l'organisation articulatoire-acoustique des voyelles [a], [i], [u] et [y] produites par les participants voyants et non voyants.
- Relations articulatoire-acoustiques
 - o Relier les productions articulatoires aux conséquences acoustiques des voyelles ([a], [i], [u] et [y]) produites par les participants voyants et non voyants.

L'objectif quant à la description de la dynamique labiale caractérisera le trait articulatoire d'arrondissement en jeu dans la distinction des voyelles arrondies et les voyelles non arrondies. L'objectif d'ordre acoustique nous permettra d'une part, de vérifier si, dans le cas de différences articulatoires entre les deux groupes de locuteurs, les conséquences acoustiques sont similaires, et d'autre part, de confirmer les résultats obtenus par Dupont (2006). Les volets articulatoire et acoustique seront ensuite reliés afin de décrire les relations articulatoire-acoustiques des voyelles. En fait, nous serons en mesure de spécifier les différentes stratégies articulatoires pouvant être utilisées par ces deux populations afin d'atteindre les mêmes cibles acoustiques.

3.1 Participants

Quatre adultes normo-voyants et quatre adultes aveugles ont pris part à notre étude de production de la parole. Mis à part la variable d'accès à la vision, nous avons tenté d'obtenir une certaine homogénéité au sein du groupe en recrutant des participants âgés entre 25 et 55 ans afin d'éviter que certains facteurs tels que la maturité ou l'attention n'interviennent. Autant de locuteurs du sexe masculin que de sexe féminin composaient chaque groupe. Cette décision sera d'autant plus pertinente lors de la comparaison des trapèzes vocaliques des sujets (deux femmes voyantes/deux femmes aveugles et deux hommes voyants/deux hommes aveugles). Tous étaient locuteurs natifs du français québécois et ne présentaient, à leur connaissance, aucun trouble de langage ou d'autres incapacités connues tels que des troubles moteurs.

Toutefois, afin de nous assurer que les participants ne présentaient aucun trouble d'audition, nous leurs avons administré un test auditif, l'audiogramme. Le but n'étant pas de comparer les habiletés en perception auditive entre les voyants et les non voyants, nous nous sommes seulement assurés qu'ils avaient un seuil de perception des fréquences et de l'intensité adéquat à la perception de la parole. Nous avons utilisé l'audiomètre de dépistage MAICO MA25, lequel permet de faire entendre des sons purs à l'oreille gauche et à l'oreille droite à des fréquences variant de 125 à 8000 Hz et ce, à des intensités entre 110 et -10 dB. Au terme de ce test, nous étions assurés que tous les participants présentaient une audition normale.

3.1.1 Participants aveugles

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du projet de recherche dirigé par Lucie Ménard intitulé « Le développement du contraste i/y en français : le rôle des indices visuels et auditifs », lequel a été approuvé par le comité d'éthique du Centre de recherche interdisciplinaire en réadaptation du Montréal métropolitain (CRIR). Ainsi, nous avons procédé au recrutement des participants aveugles par l'intermédiaire d'un centre de réadaptation pour personnes avec déficiences visuelles qui y est rattaché, l'Institut Nazareth et Louis-Braille (INLB), situé à Longueuil.

Étant donné la taille relativement restreinte de la population aveugle québécoise et la sévérité de nos critères, le recrutement des participants non voyants a été plus complexe que celui des participants voyants. De fait, Camirand et al. (2001, p.1) signale, à la suite d'une enquête menée en 1998, que « [...] la prévalence de l'incapacité liée à la vision au Québec [était] de 0,8% chez les enfants et de 1,8% chez les adultes, ce qui représente une population estimée (Pe) à 10 900 enfants et 107 500 adultes ».

Les participants ont été recrutés par voie électronique (liste de diffusion) et téléphonique (publiphone) selon la liste fournie par l'INLB, laquelle était assez restreinte. À l'échelle de cette institution, 1594 usagers présentant une déficience visuelle (le degré de privation visuelle étant inconnu) ont eu recours aux programmes de réadaptation au cours de l'année 2001-2002. Nous avons ainsi retenu quatre personnes aveugles répondant à nos critères, lesquels seront présentés au cours de cette section. Une compensation monétaire de 50\$ leur a été offerte pour leur participation à la cueillette de données. De plus, nous avons défrayé les frais de transport de leur domicile à l'endroit de passation du test dans le but de minimiser le plus possible les inconvénients que pouvaient représenter pour eux la participation à cette étude.

Notre étude se voulant une comparaison des stratégies de production articulatoire utilisées par des individus ayant toujours eu accès aux indices de la parole véhiculés par le canal visuel et des individus n'ayant jamais eu d'expérience visuelle pertinente, notre critère de recrutement principal était le degré de privation visuelle. Comme il a été démontré à la section 2.2, la variabilité quant à l'âge d'apparition de la cécité peut mener à des résultats contradictoires quant aux habiletés démontrées par la population non voyante. Ainsi, les adultes aveugles que nous avons retenus présentaient une cécité congénitale des deux yeux exclusivement de classes 3, 4 ou 5, telles que définies par la

Classification internationale des maladies et des problèmes de santé connexes dixième révision (CIM-10) de l'Organisation mondiale de la Santé. Cette classification est présentée au tableau 3.1.

Tableau 3.1
Classification des atteintes de la vision selon leur gravité, définie dans la CIM-10 de l'OMS (1993) (Tiré de [http : //membres.lycos.fr/pierreg/DefVisu.html](http://membres.lycos.fr/pierreg/DefVisu.html))

Catégorie de déficience possible (CIM-10)	Acuité visuelle du meilleur œil, avec la meilleure correction	
	Maximum (acuité inférieure à)	Minimum (acuité égale ou supérieure à)
1	3/10	1/10
2	1/10	1/20
3	1/20	1/60
4	1/60	Perception dans la lumière
5	Pas de perception dans la lumière	
6	Indéterminée ou sans précision	

En fait, est définie comme aveugle une personne dont l'acuité visuelle du meilleur œil avec correction est au maximum inférieure à 1/20 (catégories de déficience visuelle 3, 4 ou 5 de la CIM-10), et/ou le champ visuel est restreint à 10 degrés, quelle que soit l'acuité visuelle. La malvoyance correspond à une acuité visuelle inférieure à 3/10, mais égale ou supérieure à 1/20 du meilleur œil avec correction (catégories de déficience visuelle 1 et 2 de la CIM-10). C'est donc à partir de cette classification que nous pouvons affirmer que les sujets n'ont jamais eu d'expérience visuelle significative des mouvements articulatoires visibles d'autrui, tels que le mouvement des lèvres et de la mâchoire.

Le tableau 3.2 fait état de quelques données socio-démographiques des quatre participants retenus. Il est à noter que nous n'avons pu obtenir de renseignements officiels quant au degré d'atteinte de leur vision à la naissance, mais ils ont tous affirmé n'avoir jamais eu d'expérience visuelle significative. La cécité de tous les sujets est attribuable à une cause pathologique congénitale. Nous utiliserons dorénavant la notation α après les initiales afin de spécifier qu'il s'agit d'un participant aveugle.

Tableau 3.2
Données sociodémographiques et cliniques des participants aveugles

Initiales des sujets	Sexe	Âge	Étiologie de la cécité	Vision actuelle
FB_a	F	41	cataracte congénitale et rétinite pigmentaire	O.D. ¹ = 0 O.G. ² = 6/1260
DM_a	F	50	rétinite pigmentaire	O.D. ¹ = 3/210 O.G. ² = 0
MAR_a	H	36	rétinite pigmentaire	O.D. ¹ = 20/400 O.G. ² = 20/400
YL_a	H	43	cataracte congénitale et glaucome congénital	N-D ³

¹ Oeil droit, ² Oeil gauche, ³ Non déterminé

Il est à noter que nous avons tenté de prendre les sujets ayant participé à l'étude de Dupont (2006) puisque les caractéristiques acoustiques de leurs productions vocaliques ont été étudiées en détail. À l'exception des critères quant à l'âge, la langue maternelle et le caractère congénital de la cécité, certaines caractéristiques étaient plutôt hétérogènes au sein du groupe. Par exemple, le niveau de scolarité des participants variait entre des études secondaires inachevées et des études universitaires de premier cycle complétées. Aussi, quant au statut socioéconomique, trois des quatre participants sont actifs sur le marché du travail. Toutefois, nous ne croyons pas que l'hétérogénéité des participants à ces égards ait pu entraîner des différences significatives dans les résultats observés.

3.1.2 Participants voyants

Le recrutement des normo-voyants, c'est-à-dire des individus dont la vision des deux yeux est normale ou corrigée à l'aide de lunettes ou de verres de contact, a été beaucoup plus aisé. Ils ont été contactés par l'intermédiaire d'un courrier électronique diffusé à l'aide d'une liste regroupant les étudiants et le personnel du Département de linguistique et de didactique des langues de l'Université du Québec à Montréal. La compensation monétaire a été moindre pour les participants voyants, soit de 10\$, étant donné la facilité à les recruter comparativement aux participants aveugles. De fait, en plus de former une population restreinte, les individus non voyants sont sollicités de part et d'autre afin de participer à diverses études.

Le tableau 3.3 présente certaines données sociodémographiques des participants voyants. Nous utiliserons dorénavant la notation _v après les initiales afin de spécifier qu'il s'agit d'un participant voyant.

Tableau 3.3
Données sociodémographiques des participants normo-voyants

Initiales des sujets	Sexe	Age
CE_v	F	33
JPR_v	F	28
MBA_v	H	40
MO_v	H	43

3.2 Corpus expérimental

Dans le cadre de cette étude, nous avons sélectionné quatre des onze voyelles du français québécois, soit /i u y a/, lesquelles ont été produites à l'intérieur d'un mot cible de type CVC. Nous rappelons ici la raison du choix de ces unités vocaliques : les trois voyelles cardinales du trapèze vocalique sont dissimilaires de façon maximale dans leurs propriétés acoustiques et articulatoires, et elles sont complémentaires dans le sens qu'elles définissent les frontières articulatori-acoustiques de la production. Aussi, le contraste i/y était présent afin d'étudier le trait visible de l'arrondissement, seul trait distinguant ces deux phonèmes. De nombreuses études ont exploré ce contraste, mais davantage au niveau des stratégies articulatoires d'anticipation du mouvement de constriction labiale associé à l'arrondissement (par exemple, Cathiard, 1994 ; Roy, 2004), démontrant clairement le caractère visible du trait distinguant ces deux voyelles. Les mots cibles de type CVC étaient composés des consonnes occlusives voisées /b d g/, lesquelles se distinguent seulement par le lieu d'articulation. Ce trait se réalise avec un contraste visible entre les lèvres fermées pour /b/, et les lèvres ouvertes pour /d g/, ce qui nous permettra d'étudier les différents cas. Nous avons opté pour des consonnes voisées plutôt que sourdes afin d'éviter un éventuel dévoisement des voyelles, rendant l'analyse acoustique impossible. Les mots cibles étaient enchâssés dans cette courte phrase porteuse : « *Mon ami CVC me plaît. Non, mon ami CVC me plaît.* ». Le corpus comprenait donc douze couples de phrases, lesquels sont présentés au tableau 3.4.

Tableau 3.4
Corpus expérimental d'enregistrement

	Phrase neutre	Phrase sous emphase
[bab]	Mon ami <i>bab</i> me plaît.	Non, mon ami <i>bab</i> me plaît.
[bib]	Mon ami <i>bib</i> me plaît.	Non, mon ami <i>bib</i> me plaît.
[bub]	Mon ami <i>boub</i> me plaît.	Non, mon ami <i>boub</i> me plaît.
[byb]	Mon ami <i>bub</i> me plaît.	Non, mon ami <i>bub</i> me plaît.
[dad]	Mon ami <i>dad</i> me plaît.	Non, mon ami <i>dad</i> me plaît.
[did]	Mon ami <i>did</i> me plaît.	Non, mon ami <i>did</i> me plaît.
[dud]	Mon ami <i>doud</i> me plaît.	Non, mon ami <i>doud</i> me plaît.
[dyd]	Mon ami <i>dud</i> me plaît.	Non, mon ami <i>dud</i> me plaît.
[gag]	Mon ami <i>guag</i> me plaît.	Non, mon ami <i>guag</i> me plaît.
[gig]	Mon ami <i>guig</i> me plaît.	Non, mon ami <i>guig</i> me plaît.
[gug]	Mon ami <i>guoug</i> me plaît.	Non, mon ami <i>guoug</i> me plaît.
[gyg]	Mon ami <i>gug</i> me plaît.	Non, mon ami <i>gug</i> me plaît.

La production de ces deux phrases nous a permis d'obtenir deux conditions prosodiques différentes : neutre et sous emphase contrastive. Ainsi, la première phrase devait être produite de façon neutre, sans accent spécifique sur le mot cible, tandis que dans la deuxième phrase, le mot cible devait être mis en emphase. Nous avons opté pour une accentuation de type prosodique, sans faire appel à la syntaxe. L'emphase consistait donc à mettre de l'avant le mot cible par une manipulation des traits prosodiques. Sans fournir d'instruction spécifique aux participants quant à la façon exacte de produire l'emphase, nous nous sommes assurés qu'ils comprenaient la différence entre ces deux conditions. Par exemple, à la suite de la production d'une phrase en condition neutre telle que : « *Mon ami bab me plaît* », nous feignions l'incompréhension en demandant au participant : « *Est-ce que c'est ton ami boub qui te plaît ?* », de sorte que le participant produisait la phrase « *Non, mon ami BAB me plaît.* » en ajoutant un accent sur le mot cible.

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé l'emphase davantage comme un outil afin de permettre la mise en relief des traits articulatoires canoniques des segments produits par les participants (par hyperarticulation, comme nous l'avons spécifié à la section 1.3). En fait, il s'agit d'une condition dans laquelle les mouvements articulatoires sont maximaux. Dix répétitions de chacun des couples de phrases ont été produites

aléatoirement pour chacun des participants, totalisant 240 phrases (12 phrases * 2 conditions prosodiques * 10 répétitions).

3.3 Procédure d'enregistrement et instrumentation

Les enregistrements ont été effectués en chambre sourde au Laboratoire de phonétique de l'Université du Québec à Montréal afin d'éviter le plus possible l'interaction de bruits ambiants extérieurs. La séance d'enregistrement durait environ une heure, comprenant la lecture (à voix haute pour les locuteurs aveugles) du formulaire de consentement et la préparation des participants (maquillage). Étant donné que les participants aveugles ne pouvaient lire le corpus, l'expérimentatrice énonçait les phrases à produire et le locuteur les répétait. Nous avons utilisé divers instruments afin d'obtenir les données articulatoires de la géométrie des lèvres, ainsi que des données acoustiques. La figure 3.1 présente le dispositif expérimental dont nous nous sommes servis, lequel a préalablement été développé à l'Institut de la Communication Parlée (ICP) de Grenoble. Il est à noter que notre procédure expérimentale comprenait au départ la mesure des contours linguaux, c'est pourquoi la sonde de l'échographe ainsi que l'image de la langue captée par l'ultrason sont représentées sur cette figure. Toutefois, ce type d'analyse dépasserait l'objectif de ce mémoire de par son nombre trop important de données à analyser.

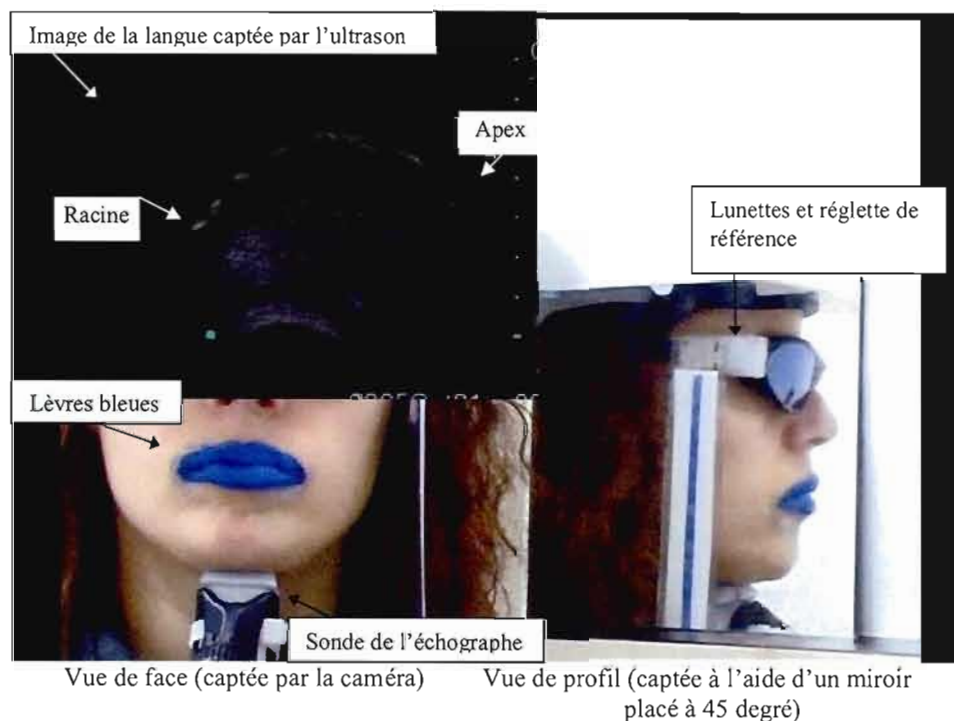


Figure 3.1 Dispositif expérimental

Le locuteur était en position assise, la tête maintenue dans le champ de la caméra par un casque solidaire de son siège. Dans le but d'obtenir les images des gestes labiaux, les lèvres des locuteurs ont été maquillées en bleu cyan afin d'accentuer les contrastes entre ces dernières et le reste du visage. Ce choix de couleur repose sur le fait, qu'en théorie, cette couleur est absente du visage, ce qui facilite la détection automatique. De plus, le locuteur portait une paire de lunettes sur laquelle était fixée une réglette servant de référence à la mesure du profil des mouvements labiaux, soit la protrusion. La prise de vue a été faite à l'aide d'un caméscope numérique *Panasonic AG-DVC 30* placé face au locuteur. Un miroir disposé à la gauche du locuteur, à 45 degrés, a servi à capter, par l'intermédiaire de la caméra de face, le profil du visage. Le signal audio a été enregistré par un microphone unidirectionnel à condensateur *Shure SM-84*, placé à environ 30 cm du participant.

Avant le début de l'enregistrement, la balance des blancs a été effectuée et une grille de référence quadrillée de carreaux de 1 cm^2 a été filmée, permettant de rétablir par la suite la correspondance entre les mesures en pixels et les mesures en taille réelle. L'utilisation d'une table de mixage nous a permis de superposer l'image de l'ultrason à

celle des lèvres, et de faire correspondre chaque trame vidéo avec le signal audio. Aussi, un double repérage d'image et son a été assuré par l'utilisation d'un timbre sonore, lequel produit un son tonal et une petite lumière. L'image, telle que présentée ci-haut à la figure 3.1 a été enregistrée à un taux d'échantillonnage de 59.94 images par seconde, c'est-à-dire que nous avons désentrelacé les images dans le but d'obtenir un taux d'échantillonnage deux fois plus élevé que le format standard NTSC de 29.97 images par seconde.

3.4 Analyse des données acoustiques

Les voyelles ont été extraites en format .wav et analysées acoustiquement à l'aide du logiciel Praat 4.3. D'abord, nous avons étiqueté certains moments (figure 3.2) relatifs à chaque séquence produite afin d'obtenir la durée des éléments suivants :

- Tenue de la première consonne du mot cible (C1) ;
- Explosion de la première consonne du mot cible (C2) ;
- Voyelle du mot cible (V) ;
- Tenue de la deuxième consonne du mot cible (C3).

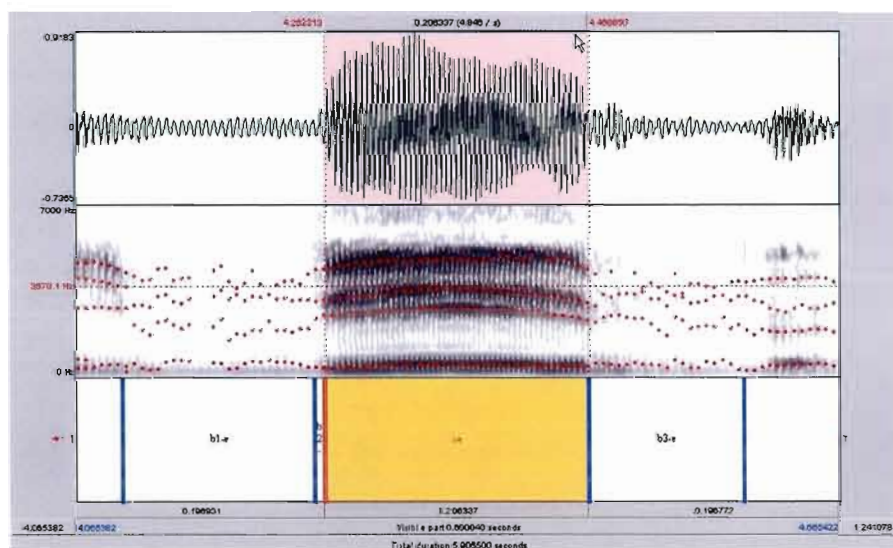


Figure 3.2 Exemple d'étiquetage du mot cible dans Praat.

Dans un but de précision, nous avons défini que le début de la voyelle correspondait au premier passage par zéro de la première période de l'onde, donc à la première impulsion glottique. Nous avons ainsi obtenu la durée des éléments C1, C2, V et C3 pour chacun des mots cibles, afin d'en effectuer des comparaisons inter et intralocuteur selon la condition prosodique.

Nous avons utilisé une analyse acoustique LPC (Linear Predictive Coding) à l'aide de l'algorithme *Burg* afin d'extraire les valeurs des quatre premiers formants (F1, F2, F3 et F4). Ces mesures ont été prises au milieu de la voyelle en supposant qu'à cet endroit se trouvent les valeurs les plus stables dans la voyelle. Avec ce type d'analyse, nous devons spécifier le nombre de pôles du filtre, lequel varie selon la fréquence d'échantillonnage, le sexe et l'âge du locuteur. Le script a détecté jusqu'à cinq formants, nombre nécessaire à la bonne détection de F1 et F2 de [u]. La largeur de la fenêtre d'analyse de type Gaussienne a été ajustée à 0,025 seconde, celle-ci étant appliquée pour calculer les coefficients LPC à l'aide de l'algorithme *Burg*. Par la suite, un examen attentif des valeurs formantiques obtenues dans le fichier de sortie de Praat a été effectué afin de détecter les valeurs aberrantes qui résultaient probablement d'une mauvaise détection de formants lors de l'analyse automatique. Dans ce cas, nous avons procédé à une analyse manuelle de valeurs formantiques en ajustant les paramètres du spectrogramme et des formants.

Les valeurs de fréquences fondamentales ont été extraites par une analyse de la période acoustique basée sur la méthode d'autocorrélation. L'intervalle plausible de fréquences fondamentales, soit entre 75 et 600 Hertz, a été spécifié afin de rendre compte des valeurs des locuteurs de sexes masculin et féminin. Finalement, nous avons extrait les mesures relatives au RMS (root-mean-square), lequel correspond à la mesure de la pression du son en Pascal.

En résumé, les valeurs de la fréquence fondamentale (en Hertz), des quatre premiers formants (en Hertz), du RMS (en Pascal) ainsi que de la durée des voyelles et des intervalles correspondant à C1, C2 et C3 (en millisecondes) ont été extraites pour chacune des voyelles.

Par la suite, les valeurs formantiques extraites pour chaque voyelle produite dans les deux conditions prosodiques par tous les locuteurs ont servi à tracer des trapèzes vocaliques dans l'espace F1 versus F2 en Hertz afin de visualiser l'espace acoustique

utilisé. Rappelons que les valeurs de F1 sont corrélées à l'aperture et la hauteur de la langue dans la cavité buccale, tandis que les valeurs de F2 sont reliées aux traits d'antéropostériorité et d'arrondissement des voyelles. Les trapèzes, créés à partir du programme *Systat*, sont formés des ellipses de dispersion des quatre voyelles analysées : [a], [i], [u] et [y]. Les ellipses sont tracées à $\pm 1,5$ écart-type de la moyenne des valeurs formantiques mesurées pour chacune des voyelles. La figure 3.3 présente un exemple de trapèze vocalique qui sera utilisé au cours de l'analyse des résultats acoustiques.

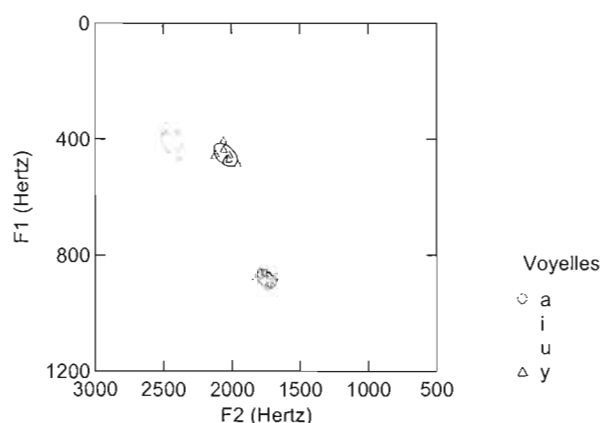


Figure 3.3 Exemple de trapèze vocalique tracé dans l'espace acoustique F1 versus F2 (en Hertz) à partir des valeurs formantiques des quatre voyelles produites.

Différentes analyses statistiques à l'aide du programme *Systat* nous ont permis d'obtenir plusieurs mesures de tendance centrale et de dispersion : les moyennes des valeurs formantiques de f0, F1, F2, F3 et F4 pour chacune des voyelles ([a], [i], [u] et [y]) et leurs écarts-types respectifs, l'aire de chacune des ellipses exprimée en Hertz, les distances euclidiennes entre chacune des voyelles exprimées en Hertz et la valeur de l'espace vocalique moyen (noté AVS, de l'anglais « average vowel space »).

Grâce à l'aire des ellipses, étant une des mesures de dispersions, nous pouvons rendre compte de la l'utilisation acoustique dans l'espace F1 versus F2 (en Hertz). Plus la production est similaire d'une répétition à l'autre, plus l'occupation de l'espace acoustique d'une voyelle est petite, c'est-à-dire qu'elle démontre peu de variabilité dans

les valeurs formantiques. Aussi, le fait d'occuper davantage de surface acoustique dénote un contrôle moins fin de la production (Guenther et Gosh, 2003).

Les distances euclidiennes nous ont permis de mesurer la séparation acoustique entre les voyelles produites, et donc de déterminer leur distinction. Elles résultent du tracé d'une droite partant du centre gravitationnel d'une voyelle vers le centre gravitationnel d'une autre voyelle. Pour ce faire, nous avons employé la formule suivante pour toutes les paires de voyelles :

Soit [i] (F1; F2) et [y] (F1'; F2') 2 voyelles dans l'espace F1 versus F2.

Soit a et b deux distances : $a = |F2' - F2|$ et $b = |F1' - F1|$

La distance euclidienne c (en Hertz) séparant [i] et [y] correspond à :

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

La mesure des distances euclidiennes est effectuée individuellement afin de spécifier le caractère plus ou moins distinct des contrastes produits dans les deux conditions prosodiques, et ensuite entre les deux groupes de locuteurs. Plus la production est distincte, plus la séparation est marquée entre les ellipses de deux voyelles et donc la distance euclidienne entre ces deux contrastes est plus grande. La figure 3.4 illustre nos critères d'analyse dans le plan acoustique à l'aide de quatre cas de figure.

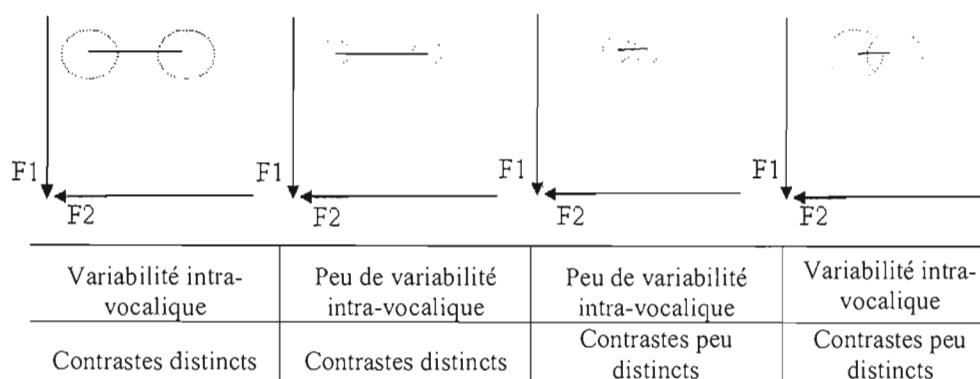


Figure 3.4 Schéma illustrant les critères d'analyse des ellipses selon quatre cas de figure.

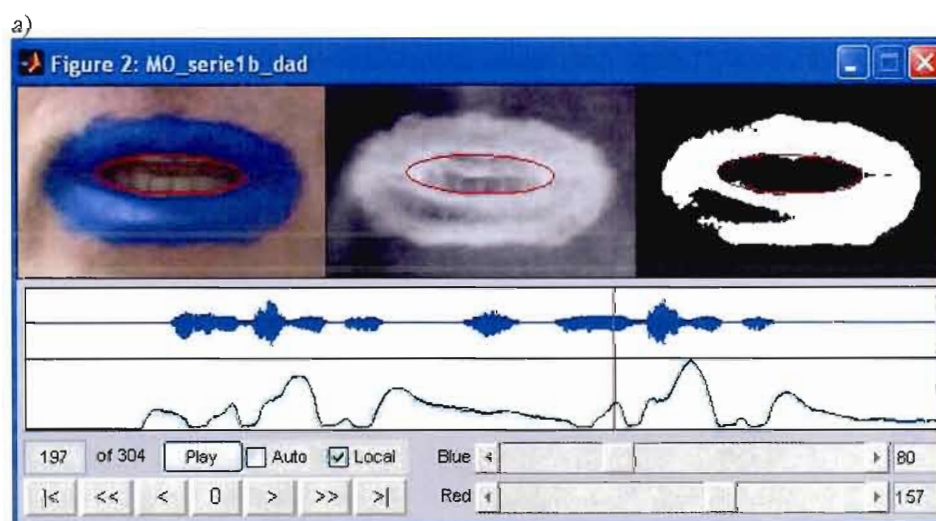
Nous avons également mesuré l'espace vocalique moyen, l'AVS, laquelle constitue une autre mesure importante de la dispersion des catégories vocaliques. Il s'agit en fait de la moyenne de toutes les distances euclidiennes calculées pour chaque groupe de voyelles

([i-y], [i-u], [i-a], [y-u], [y-a], [u-a]). Cette mesure permet, en autres, de quantifier les changements relatifs à la taille de l'espace vocalique d'une condition à l'autre. Lane et al. (2001) fournissent la formule qui permet de calculer l'AVS :

$$AVS = \frac{n}{n(n-1)} \left[\sum_{i=1}^{n-1} \left[\sum_{j=i+1}^n \left[(F1_i - F1_j)^2 + (F2_i - F2_j)^2 \right]^{1/2} \right] \right]$$

3.5 Analyse de la géométrie des lèvres

Les signaux des enregistrements articulatoires de l'ensemble des productions ont d'abord été numérisés à l'aide du programme Adobe Premiere Pro version 1. Les données géométriques des lèvres ont été analysées à l'aide d'un programme Matlab appelé *Liptrack*, développé par Mark Tiede des Laboratoires Haskins et du MIT. Les images vidéo de face et de profil, lesquelles ont été analysées séparément, ont subi une saturation par Chromakey, tel que présenté à la figure 3.5 (a et b). Ce traitement avait pour but de permettre une détection maximale des contours labiaux externes et internes, en levant toute ambiguïté entre le niveau de gris des lèvres et d'éventuelles ombres à l'intérieur de la cavité buccale.



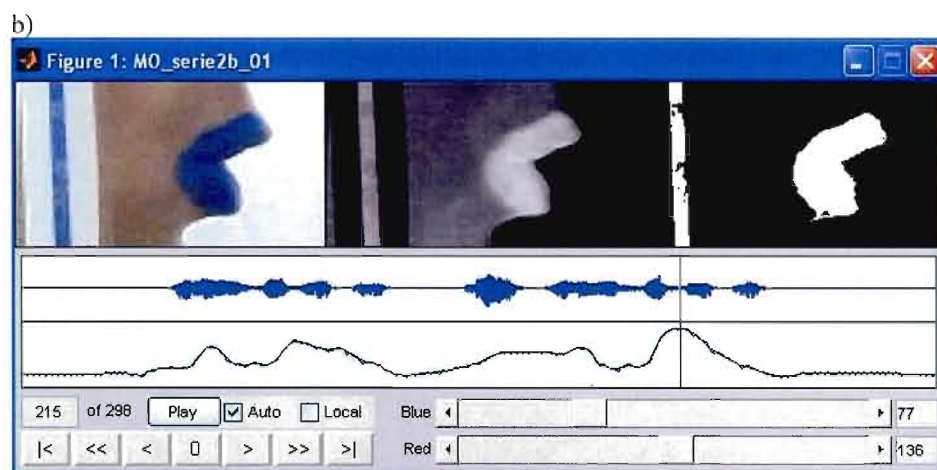


Figure 3.5 Interface du programme Liptrack. a) Vue de face (aire aux lèvres) b) Vue de profil (protrusion).

D'abord, ce programme de détection nous a permis de définir les bornes temporelles de chacune des séquences (un couple de phrases), lesquelles ont également été utilisées lors de l'analyse acoustique. Pour chacun des locuteurs, nous avons effectué plusieurs essais en faisant varier les valeurs du Chromakey à l'aide des couleurs rouge et bleu, de façon à ce que la détection des pixels bleus des lèvres soit optimale. Grâce à la fonction « local », nous avons pu corriger certaines erreurs de détection.

De nombreux chercheurs de l'Institut de la Communication Parlée utilisent la détection de contours labiaux à l'aide d'un programme développé par Lallouache (1990) et Benoît et al. (1992). Parmi eux, Abry et Boë (1986) ont proposé un ensemble de huit paramètres pour caractériser la forme des lèvres à partir de la vue de face et de profil du sujet, lesquels sont représentés à la figure 3.6.

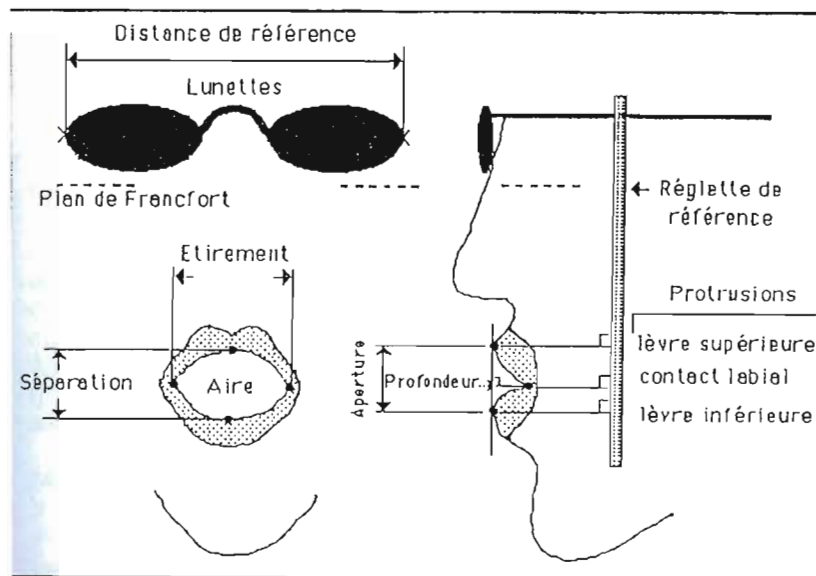


Figure 3.6 Paramètres frontaux et latéraux de la géométrie des lèvres (d'après Lallouache (1991), tirée de Cathiard, 1994).

- Trois de face : étirement intérolabiale (A), séparation intérolabiale ou aperture (B), aire intérolabiale (S).
- Cinq de profil : protrusion de la lèvre supérieure (P1), protrusion de la lèvre inférieure (P2), protrusion du contact labial (C), aperture extérolabiale (D) et profondeur du pavillon labial (L)

Ces paramètres ne sont eux-mêmes qu'un choix parmi toutes les mesures possibles pour comprendre le fonctionnement des lèvres. Parmi ces huit paramètres, nous avons choisi de caractériser nos stimuli vocaliques par la description de l'aire aux lèvres (S), laquelle correspond au contrôle de la taille de sortie du conduit vocal, et de la protrusion de la lèvre supérieure (P1), laquelle est la conséquence du contrôle de l'allongement de ce même conduit. Aussi, Robert-Ribès et al. (1998) ont démontré la forte corrélation entre les paramètres de hauteur et largeur interolabiale, et d'aire aux lèvres, ce qui nous a fortement influencé dans le choix de ces paramètres.

Le paramètre d'aire aux lèvres a été caractérisé en pixels par une ellipse située entre les lèvres, tandis que la protrusion a été calculée par rapport à la distance entre la lèvre supérieure et la règle de référence. La lèvre supérieure s'avère beaucoup plus fiable pour mesurer le geste de protrusion des lèvres que la lèvre inférieure, étant moins sensible aux mouvements de la mâchoire.

À partir de ce traitement, nous avons obtenu un fichier Excel pour chaque locuteur comprenant les valeurs en x et y correspondant à l'aire aux lèvres et à la protrusion. Ces valeurs ont ensuite été analysées par une procédure Matlab développée à l'ICP, *Trap*. Cette dernière est un logiciel intégré pour le traitement des signaux de parole, lequel permet d'effectuer des traitements et des analyses sur quatre types de signaux :

- signaux acoustiques aux formats binaires EMA, EPG, ISIS, Matlab ou WAV.
- signaux articulatoires de type EMA (format binaire *Carstens*).
- signaux articulatoires de type EPG (format binaire *Kay Elemetrics*).
- signaux de mesures articulatoires de type général (format ASCII).

En fait, il permet de visualiser des signaux synchrones temporels, fréquentiels et paramétriques. Dans le cadre de notre étude, il s'agit de signaux de mesures articulatoires de type général. L'interface de la fenêtre principale est présentée à la figure 3.7.

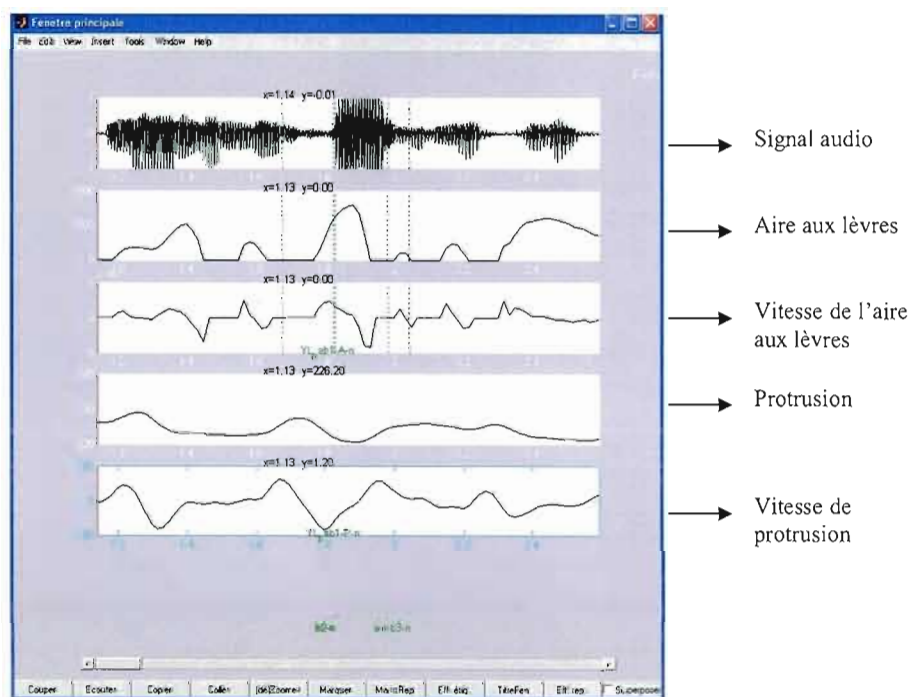


Figure 3.7 Fenêtre principale de l'analyse des signaux de mesures articulatoires de type général dans *Trap*.

Cette fenêtre permet donc de traiter l'aire aux lèvres et la protrusion simultanément, tout en visualisant le signal audio. Nous nous sommes doté de critères particuliers pour chacun des mots cibles, selon le type de voyelle, afin de caractériser le maximum d'aire aux lèvres ainsi que le minimum ou le maximum de protrusion. Rappelons certains principes caractérisant les voyelles afin de mieux comprendre ces choix de critères. L'aire aux lèvres est orientée dans le sens décroissant, c'est-à-dire que plus la lèvre supérieure s'avance (se protue), plus le degré de constriction interlabiale augmente, donc l'aire diminue. Tandis que plus l'aire aux lèvres augmente, moins les lèvres peuvent s'avancer vers l'avant.

Les voyelles [y] et [u], ayant comme trait commun l'arrondissement, sont davantage caractérisées par une protrusion des lèvres ainsi qu'une ouverture minimale de la cavité labiale. En contexte [b], la trajectoire d'aire aux lèvres de la syllabe [bVb] (où V= [y u]) est croissante puis décroissante, puisque la voyelle est précédée et suivie d'une occlusion complète (aire aux lèvres nulle). La valeur cible d'aire aux lèvres de cette voyelle est donc la valeur maximale. Le maximum global, dans la syllabe [byb] ou [bub], correspond donc au maximum local de cette voyelle. En contexte [d] et [g], on observe souvent une petite diminution de l'aire aux lèvres lors de l'articulation de la consonne. Sur la trajectoire articulatoire, la valeur cible de l'aire aux lèvres pour [y] et [u] est donc une valeur localement maximale. En ce qui concerne la valeur de protrusion, il s'agit aussi de la valeur maximale, et ce, dans tous les contextes.

Les voyelles [a] et [i], quant à elles, ne sont pas caractérisées par une protrusion, mais plutôt par une ouverture de la cavité labiale. En fait, la voyelle [i], étant antérieure et fermée, est définie essentiellement au niveau des lèvres par un étirement important, caractérisé par une protrusion minimale et une grande aire interlabiale. Dans les trois contextes consonantiques étudiés ([b], [d], [b]), la valeur cible d'aire aux lèvres est donc la valeur maximale. Il en est de même pour la voyelle [a]. Les valeurs de protrusion ont été les valeurs minimales observées dans les syllabes. Ces critères sont présentés au tableau 3.5.

Tableau 3.5
Critères d'analyse d'aire aux lèvres et de protrusion selon la voyelle

Voyelles	Consonnes	Aire	Protrusion
[a] - [i]	[b] - [d] - [g]	Maximum global	Minimum
[y] - [u]	[b] - [d] - [g]	Maximum local	Maximum

Ainsi, le programme *Trap* nous permet d'obtenir le moment exact du maximum ou du minimum de protrusion et d'aire aux lèvres en spécifiant le passage par zéro des fenêtres de vitesse dans l'interface (3^e fenêtre pour l'aire et 5^e fenêtre pour la protrusion). La figure 3.8 donne un exemple de la prise de mesure pour chacune des voyelles.

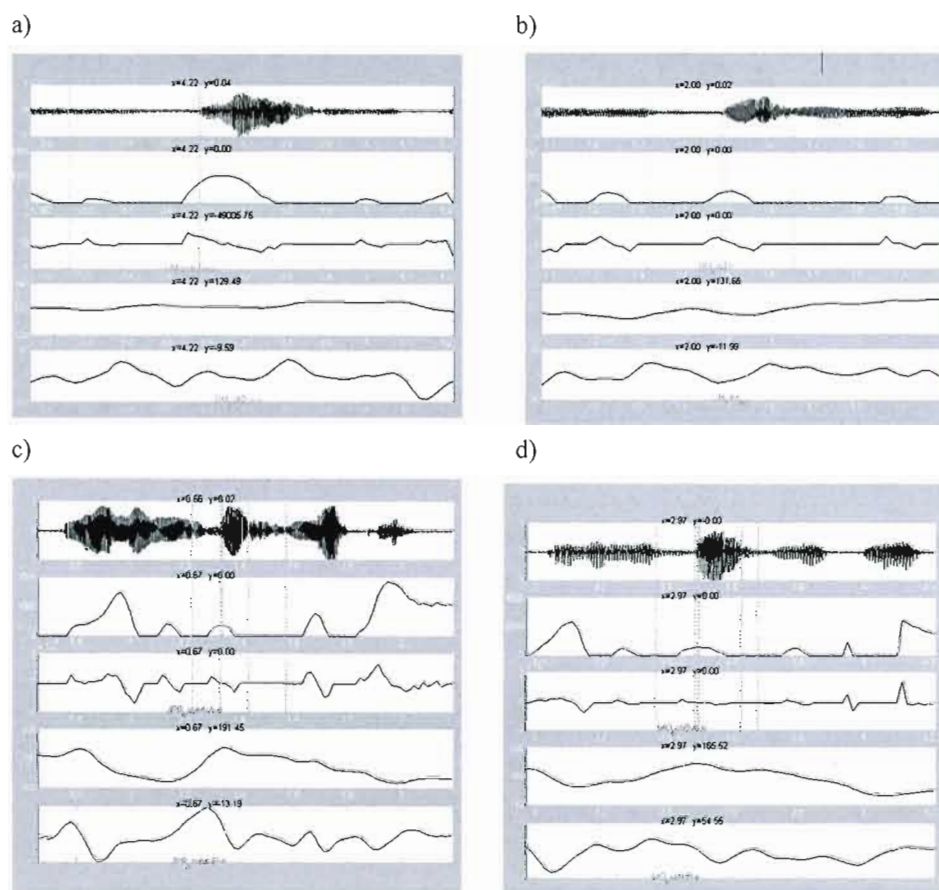


Figure 3.8 Prises de mesure du maximum d'aire et du maximum ou minimum de protrusion selon la voyelle dans le programme *Trap*. a) [bab], b) [bib], c) [bub], d) [byb].

Pour chaque voyelle du mot cible (en condition neutre et en emphase), les valeurs d'aires aux lèvres et de protrusion ont donc été obtenues en pixels carrés. Afin de pouvoir effectuer des comparaisons interlocuteurs, nous avons converti les pixels en centimètre (cm^2 pour l'aire et cm pour la protrusion). Pour ce faire, nous avons quantifié le nombre de pixels correspondant à 1 cm^2 grâce à la feuille quadrillée de calibration que nous avons filmée avant l'enregistrement de chaque locuteur, puisque le rapport est différent d'un enregistrement à l'autre.

3.6 Cas de figure de problèmes rencontrés lors de l'analyse de la dynamique labiale

Certains problèmes sont survenus au cours de l'analyse des mouvements labiaux, d'une part, lors de l'utilisation du programme Matlab *Liptrack*, et d'autre part lors de l'analyse des signaux à l'aide du logiciel *Trap*. Cette section expose ces problèmes ainsi que les stratégies utilisées afin de les contrer.

Ayant pris la décision de ne pas utiliser de lampes halogènes, pour une question de confort des participants, la luminosité n'était pas uniforme sur le visage des locuteurs. Ainsi, comme le démontre la figure 3.9, un cercle de lumière apparaît sur la lèvre inférieure en raison d'une plus grande luminosité à la droite du participant, ce qui a créé des problèmes de détection de l'aire aux lèvres. En fait, le programme détecte une ellipse sur la lèvre tandis que les lèvres sont en position fermée. Nous avons effectué les modifications image par image à l'aide de la fonction « local » étant donné qu'aucune valeur de Chromakey n'était optimale dans de tels cas.

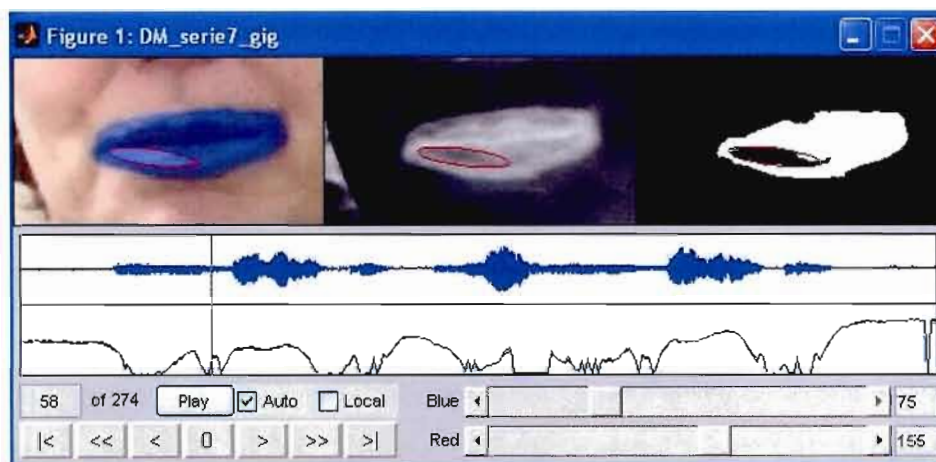


Figure 3.9 Exemple de mauvaise détection de l'aire aux lèvres en raison d'une luminosité non uniforme.

La configuration des lèvres des locuteurs a également causé certains problèmes, particulièrement pour le locuteur MAR_a, lequel avait une lèvre inférieure plus proéminente que la lèvre supérieure. Lors de l'analyse de la protrusion, le programme balaie l'image à partir du coin droit vers le point le plus avancé de la lèvre selon la ligne de référence. Ainsi, pour ce locuteur, la mesure du point maximal se faisait sur la lèvre inférieure (figure 3.10).

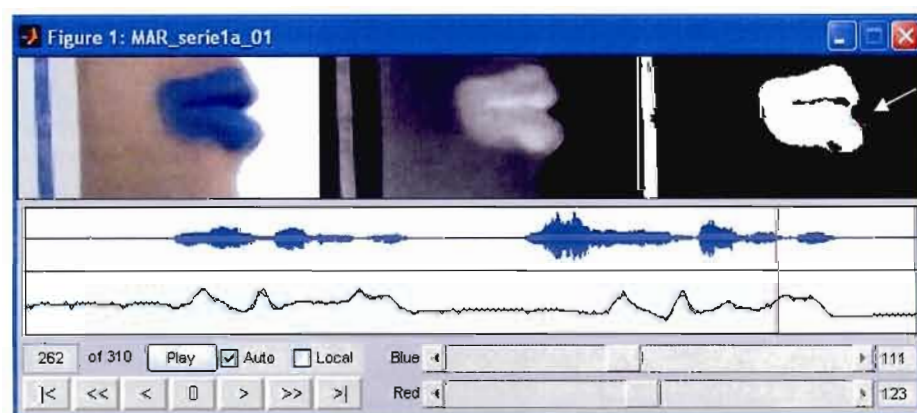


Figure 3.10 Exemple de mauvaise détection de la protrusion de la lèvre supérieure en raison d'une plus grande proéminence de la lèvre inférieure chez le locuteur MAR_a.

Dans le but d'obtenir une analyse précise et systématique pour tous les locuteurs, nous avons dû trouver un moyen afin de prendre la mesure de la lèvre supérieure. Nous

avons utilisé une fenêtre réduite, c'est-à-dire une image de la lèvre supérieure seulement afin que le programme n'ait d'autre choix que de détecter le point le plus avancé de la lèvre supérieure, tel que présenté à la figure 3.11.

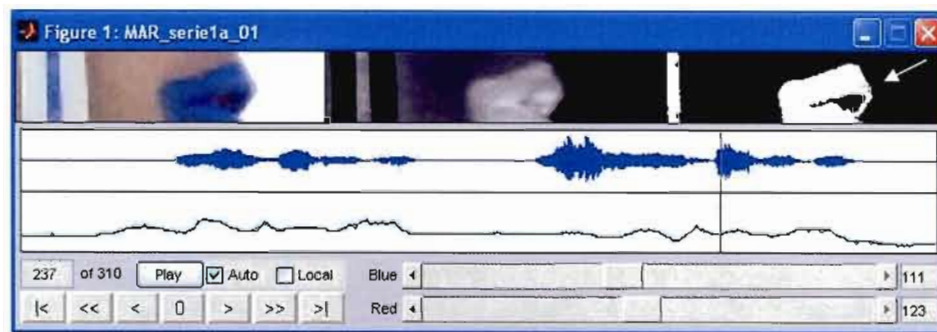
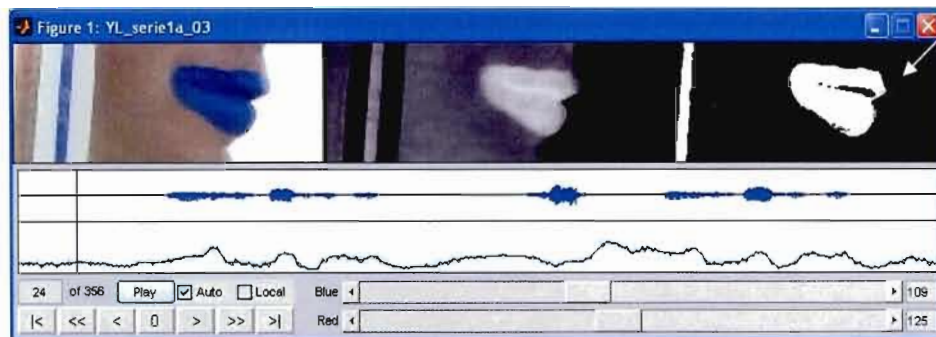


Figure 3.11 Fenêtre réduite de la lèvre supérieure seulement afin d'obtenir une détection adéquate du point maximal de protrusion de la lèvre supérieure.

Nous avons opté pour une solution semblable dans le prochain cas de figure. En fait, le locuteur YL_a a modifié l'angle de sa tête malgré le casque qu'il portait. La figure 3.12 démontre la position de la tête de ce locuteur à la première répétition (a) et à la dixième répétition (b). Un examen attentif du vidéo d'enregistrement a démontré que la règle est demeurée au même endroit sur les lunettes, et que ce serait la tête du locuteur qui a subi une rotation vers le bas de la première à la dernière répétition, occasionnant des erreurs de détection.

a)



b)

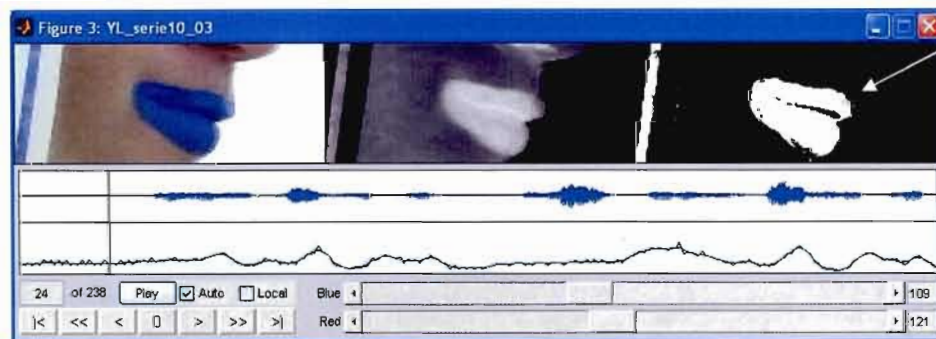


Figure 3.12 Modification de l'angle de la tête du locuteur YL_a causant des erreurs de détection, a) Première répétition (tête droite), b) Dixième répétition (tête inclinée vers l'avant).

En effet, puisque le programme balaie l'image à partir du coin droit vers le point le plus éloigné de la lèvre, ce point se trouvait à être au dessus de la lèvre, à un endroit appelé philtrum. La détection ne correspondant pas aux mouvements de la lèvre, nous avons réduit l'image afin d'obtenir seulement une partie de la lèvre supérieure, tel que démontré à la figure 3.13. Cette technique a permis de mesurer avec davantage de précision la protrusion de la lèvre supérieure.

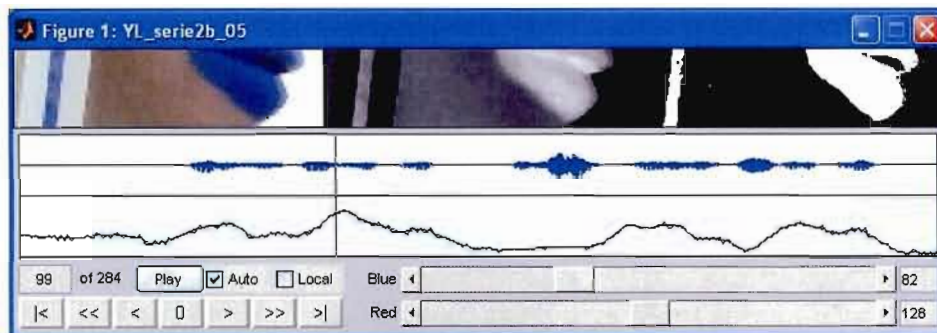


Figure 3.13 Fenêtre réduite de la lèvre supérieure afin d'obtenir une détection adéquate du point maximal de protrusion du bout de la lèvre (et non du philtrum).

Les deux derniers cas de figure de problèmes rencontrés sont davantage reliés à des critères de précision lors des prises de mesure dans le programme *Trap*. La figure 3.14 présente un cas où il n'y pas de moment spécifique où l'aire aux lèvres est plus proéminente et crée un plateau. Puisque la vitesse ne se modifie pas au cours de la production de la voyelle, il y a présence de nombreux passages par zéro. Dans de tels cas, nous avons opté pour le passage par zéro d'aire aux lèvres se rapprochant le plus de celui de la protrusion.

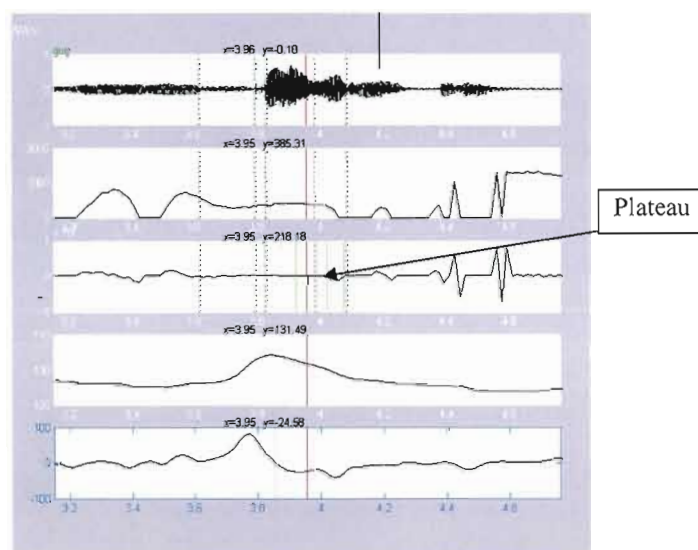


Figure 3.14 Exemple de *plateau* dans la séquence « Mon ami [dud] me plaît ». Dans de tel cas, la prise de mesure de l'aire aux lèvres se fait le plus près du passage par zéro du maximum de protrusion.

Finalement, nous avons dû nous doter d'un critère spécifique de prise de mesure pour le dernier cas de figure, lequel présente un phénomène de compression des tissus des lèvres (figure 3.15). La compression des tissus est un mouvement involontaire résultant en un léger avancement des lèvres, pouvant être confondu avec le mouvement de protrusion. Ainsi, à la figure 3.15, le premier passage à zéro correspond à cette compression des tissus, tandis que le deuxième représente la protrusion des lèvres de la voyelle [u]. Le troisième passage par zéro, quant à lui, est la cause de la fermeture des lèvres lors de la production de la consonne [b]. Dans la plupart des cas dits normaux, nous observons deux courbures, l'une pour la protrusion de la voyelle, et l'autre pour la fermeture des lèvres pour la production de [b]. Alors, lorsque nous sommes en présence de trois courbures, démontrant une compression des tissus, nous prenons le deuxième passage à zéro, correspondant à la deuxième courbure.

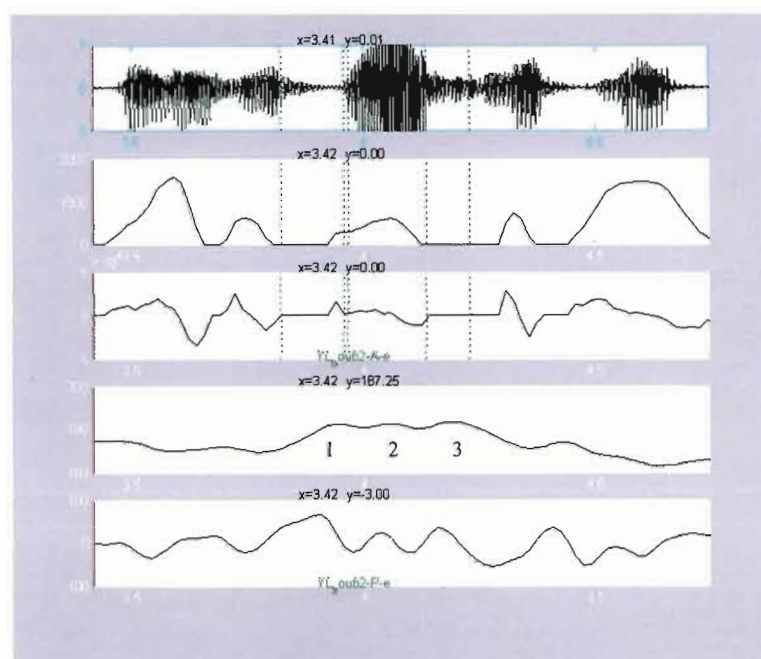


Figure 3.15 Exemple du phénomène de compression des tissus des lèvres. 1) Avancement des lèvres dû à la compression des tissus. 2) Protrusion des lèvres lors de la production de la voyelle [u]. 3) Occlusion et avancement des lèvres lors de la production de la consonne [b].

3.7 Conclusion

Ce chapitre a mis en lumière la procédure expérimentale que nous avons utilisée dans le cadre de mémoire afin d'étudier le rôle joué par la vision dans les mécanismes de production de la parole chez l'adulte, plus particulièrement les gestes articulatoires labiaux recrutés dans la réalisation d'unités vocaliques. Le chapitre suivant rapporte les résultats obtenus quant à la dynamique labiale d'aire aux lèvres et de protrusion des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles.

TROISIÈME PARTIE

RÉSULTATS ET ANALYSE

CHAPITRE IV

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE LABIALE : AIRE AUX LÈVRES ET PROTRUSION

L'objectif principal de ce chapitre consiste à caractériser la dynamique labiale, en termes d'aire aux lèvres et de protrusion, impliquée dans la production des voyelles [a i u y] des quatre locuteurs voyants et des quatre locuteurs aveugles. Tel qu'il a été rapporté au chapitre 2, la littérature portant sur la production de la parole chez la population non voyante s'avère peu volumineuse et porte principalement sur les enfants dans une perspective développementale. Seule l'étude de Dupont (2006) a permis de dresser un portrait des caractéristiques acoustiques des productions de cette population, lequel, rappelons-le, proposait des comportements acoustiques comparables entre les aveugles et les voyants. Göllész (1972) a également présenté une conclusion similaire en rapportant une dynamique labiale moins importante chez des adolescents aveugles locuteurs du hongrois, cette différence articulatoire ne se traduisant toutefois pas par une distinction des propriétés acoustiques de la production. Cependant, aucune étude n'a fourni jusqu'à présent, de description articulatoire quant aux mouvements linguaux et labiaux impliqués dans la production d'unités linguistiques de locuteurs aveugles. Dans le but de pallier cette lacune, nous proposons dans un premier temps un portrait global des mouvements labiaux recrutés dans la distinction du trait d'arrondissement, et dans un deuxième temps, un examen individuel et comparatif des espaces articulatoires labiaux. Nous aurons ainsi tous les outils nécessaires afin de définir les stratégies utilisées par la population non voyante dans la production du contraste arrondi/non arrondi comparativement aux mouvements dits canoniques effectués par la population voyante.

À la lumière des aspects théoriques présentés au cours des chapitres 1 et 2, nous avançons l'hypothèse générale que la dynamique labiale globale sera moindre chez les locuteurs aveugles. En fait, les mécanismes de production et de perception étant intimement liés, le locuteur utilise les informations perceptives, tant auditives que visuelles et tactiles, pour contrôler ses articulateurs lors de la production. Les adultes non voyants, ayant atteint une maturité articulatoire, feraient donc possiblement appel à des stratégies articulatoires distinctes de celles utilisées par les voyants afin d'atteindre des buts acoustiques similaires, étant donné qu'aucune information visuelle ne leur est fournie. Aussi, le mouvement de protrusion labiale devrait être davantage sensible à la variable « degré de vision » puisque le trait d'arrondissement, réalisé par un mouvement des lèvres seulement, est le trait le plus robuste dans le canal visuel, tel que proposé par Robert-Ribès et al. (1998). Le trait de hauteur étant le plus robuste dans le canal auditif, nous ne nous attendons pas à ce que les mesures d'aire aux lèvres, résultant en partie du mouvement de la mâchoire présent dans le geste d'aperture, soient dissemblables d'un groupe à l'autre.

Les discussions proposées dans le cadre de ce chapitre concernent essentiellement l'ampleur du mouvement labial entre le maximum et le minimum de protrusion, ainsi que la mesure d'aire aux lèvres. Par la suite, un examen individuel des espaces articulatoires de chacun des locuteurs sera présenté. Ces trois volets caractériseront la dynamique labiale des locuteurs aveugles et voyants dans la production des voyelles arrondies [u y] par rapport aux voyelles non arrondies [a i].

4.1 Ampleur de la protrusion : arrondies versus non arrondies

Les résultats relatifs au mouvement de protrusion seront d'abord exposés. Rappelons que les voyelles arrondies [u] et [y] sont produites en effectuant une protrusion et une constriction des lèvres, tandis que la production des voyelles non arrondies [a] et [i] n'ajoute pas de cavité labiale étant donné la position rétractée des lèvres. La présentation des résultats bruts pour quantifier le mouvement de protrusion s'avère impossible puisque les valeurs sont relatives à l'emplacement de la règle de référence. Les résultats sont donc calculés selon la dimension

horizontale par rapport à la règle, sur l'image de profil. Ainsi, nous parlerons davantage d'ampleur du mouvement des lèvres relevant de la différence entre le maximum et le minimum de protrusion. Le tableau 4.1 présente les valeurs maximales et minimales de protrusion pour chacun des locuteurs ainsi que la différence, en centimètres, entre ces deux extrêmes. Aucune distinction quant à la consonne n'a été faite, pas plus qu'entre les voyelles [a] et [i] ainsi que [u] et [y]. Les mots cibles dans lesquels les valeurs maximales et minimales ont été retrouvées sont indiqués à l'intérieur du tableau. Les valeurs présentées correspondent aux moyennes des dix répétitions. L'appendice C est consacré aux mesures d'aire aux lèvres et de protrusion de toutes les voyelles selon le contexte consonantique et la condition prosodique.

Tableau 4.1
Valeurs maximales et minimales de protrusion pour chacun des locuteurs (en cm), différence entre ces deux extrêmes et mots cibles dans lesquels ont été trouvées ces valeurs

Locuteurs	Emphase (cm)			Neutre (cm)		
	Maximum	Minimum	Différence	Maximum	Minimum	Différence
CE_v	7,72 [gug]	6,89 [gag]	0,83	7,75 [dud]	7,04 [gag]	0,71
JPR_v	10,73 [bub]	9,17 [did]	1,57	10,68 [dud]	9,43 [gag]	1,25
MBA_v	9,98 [gug]	8,84 [did]	1,14	9,82 [dyd]	8,97 [did]	0,85
MO_v	8,82 [gug]	7,07 [gag]	1,75	8,51 [byb]	7,33 [gag]	1,18
FB_a	5,22 [byb]	4,67 [did]	0,55	5,41 [byb]	4,73 [dad]	0,67
DM_a	9,22 [gug]	8,37 [did]	0,85	8,99 [gug]	8,40 [did]	0,59
MAR_a	10,51 [bub]	9,96 [dad]	0,55	10,46 [bub]	10,06 [did]	0,40
YL_a	12,62 [gug]	11,99 [bab]	0,64	12,61 [dud]	12,01 [dad]	0,61

Malgré la variation des consonnes à l'intérieur des mots cibles, les valeurs maximales de protrusion pour tous les locuteurs se retrouvent dans la production des voyelles [u] et [y], tandis que ce sont les voyelles [a] et [i] qui fournissent les valeurs minimales de protrusion. Aussi, la voyelle [u] a fourni le plus de valeurs maximales, particulièrement en condition d'emphase. Selon ce tableau, il appert que les locuteurs voyants ont une ampleur de protrusion plus importante que les locuteurs aveugles, ce qui est particulièrement apparent en condition d'emphase. En effet, dans cette condition prosodique, la différence entre le minimum et le maximum de protrusion chez la population voyante varie de 0,83 cm à 1,75 cm, tandis que chez la population aveugle, elle varie de 0,55 cm à 0,85 cm. Parmi les participants voyants, la locutrice CE_v démontre le moins de protrusion, l'ampleur du mouvement labial s'apparentant grandement à celle de la locutrice aveugle DM_a en condition d'emphase. Toutefois, en condition neutre, la locutrice voyante présente des valeurs de protrusion plus importantes, la différence de l'ampleur entre les deux locutrices étant de 0,12 cm.

Pour tous les locuteurs, à l'exception de la locutrice aveugle FB_a, la dynamique labiale en condition d'emphase est plus ample qu'en condition neutre. Chez cette dernière, le mouvement de protrusion a diminué de 0,12 cm en condition d'emphase. Cependant, l'augmentation de l'ampleur de protrusion de la condition neutre à emphase s'avère plus importante dans le groupe de voyants, particulièrement pour JPR_v, MBA_v et MO_v. Ces résultats sont illustrés à la figure 4.1.

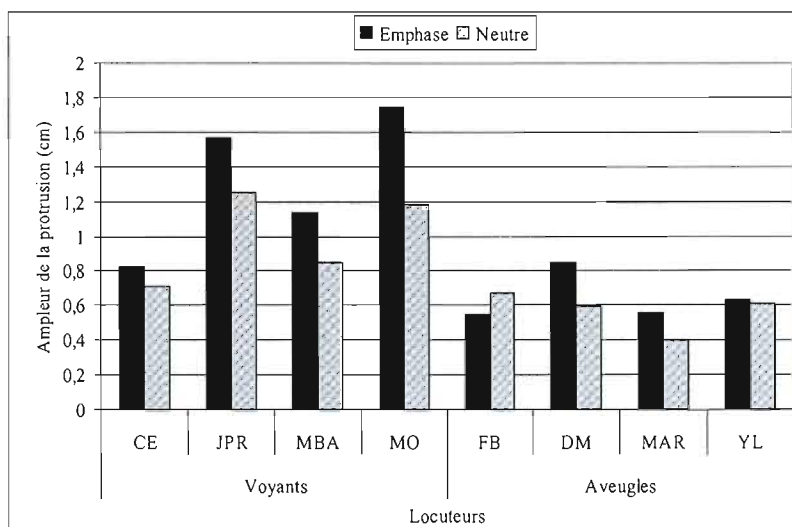


Figure 4.1 Ampleur (différence entre les valeurs maximales et minimales) du mouvement de protrusion des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles selon la condition prosodique.

Il ressort de ce graphique une différence assez marquée entre les deux groupes de locuteurs, l'ampleur de la protrusion étant plus importante chez les voyants. Les locuteurs voyants JPR_v, MBA_v et MO_v présentent des valeurs nettement plus élevées que trois des quatre locuteurs aveugles, soit FB_a, MAR_a et YL_a, et ce pour les deux conditions prosodiques. Les locutrices CE_v et DM_a démontrent un comportement distinct à l'intérieur de leur groupe respectif. D'une part, les valeurs de protrusion de la locutrice voyante sont plus faibles que celles des autres locuteurs de son groupe, et d'autre part la locutrice aveugle a une ampleur de protrusion beaucoup plus importante en emphase que les autres participants de son groupe. Aussi, les valeurs sont plus élevées en condition d'emphase qu'en condition neutre, davantage chez les voyants que chez les aveugles. Seule FB_a fait exception à la règle puisque son ampleur de protrusion diminue de 0,12 cm en condition d'emphase. En regroupant les locuteurs selon le degré de vision, la différence est d'autant plus marquée, telle qu'illustrée à la figure 4.2. Mais d'abord, les résultats d'analyses statistiques seront présentés. Une ANOVA à mesures répétées a été appliquée sur les valeurs moyennes de l'ampleur de protrusion, avec les facteurs « consonnes » et « conditions » comme variables indépendantes intrasujets et la variable « groupe » comme variable indépendante intersujets. Les résultats

des effets principaux et des interactions entre ces variables font l'objet du tableau 4.2. L'arrangement des données a été fait conformément aux règles présentées par Max et Onghena (1999).

Tableau 4.2
Résultats de l'ANOVA sur les valeurs moyennes de l'ampleur de protrusion de chaque groupe de locuteurs, avec les variables indépendantes « consonnes » et « conditions »
(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Degrés de liberté	F	p
Groupes	1,6	11,77	*
Consonnes	2,12	2,39	
Consonnes*Groupes	2,12	7,59	**
Conditions	1,6	9,48	*
Conditions*Groupes	1,6	4,80	
Consonnes*Conditions	2,12	2,89	
Consonnes*Conditions*Groupes	2,12	0,38	

La figure 4.2 présente les moyennes et écarts types de l'ampleur du mouvement de protrusion pour le groupe de voyants et le groupe d'aveugles selon la condition prosodique.

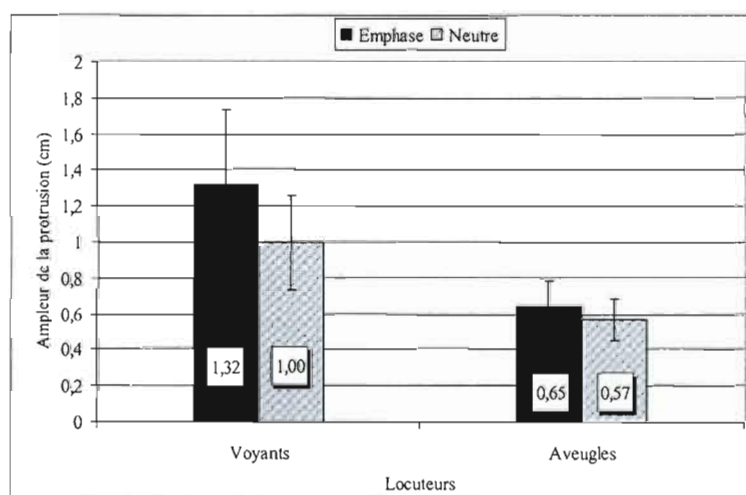


Figure 4.2 Moyennes et écarts types de l'ampleur (différence entre les valeurs maximales et minimales) du mouvement de protrusion pour le groupe de locuteurs voyants et le groupe de locuteurs aveugles selon la condition prosodique.

Le groupe de locuteurs voyants démontre des valeurs d'ampleur de protrusion visiblement plus élevées que le groupe de locuteurs aveugles, et ce pour les deux conditions prosodiques. La moyenne de l'ampleur du mouvement labial chez les aveugles étant de 0,65 cm en condition d'emphase, elle augmente de 103,86 %, pour atteindre 1,32 cm chez les voyants. Une comparaison planifiée effectuée sur les valeurs moyennes en condition d'emphase a révélé une différence significative entre les deux groupes de locuteurs ($F(1,6)=10,33$; $p<0,05$). Cette différence est également présente en condition neutre. En effet, les valeurs dénotent un écart notable entre le mouvement de protrusion effectué par les locuteurs aveugles et voyants, étant de 0,57 cm et 0,99 cm respectivement. Il s'agit donc d'une augmentation, encore une fois considérable, de 75,22% entre les deux groupes de locuteurs. Cette différence entre les locuteurs voyants et aveugles en condition neutre s'est avérée significative à la lumière d'une comparaison planifiée ($F(1,6)=12,18$; $p<0,05$).

La différence de protrusion entre les deux conditions prosodiques est plus marquée chez le groupe de voyants. En fait, même si, pour les deux groupes, les mesures sont plus élevées en condition d'emphase, chez les locuteurs voyants, l'augmentation moyenne est de 0,32 cm, tandis qu'elle n'est que de 0,08 cm chez les locuteurs aveugles. Les résultats des analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les conditions prosodiques chez les voyants ($F(1,6)=13,88$, $p<0,01$), mais non chez les aveugles.

À présent seront considérés les contextes consonantiques distinctement. L'influence des différentes consonnes, soit [b], [d] et [g], sur l'amplitude de la protrusion des unités vocaliques pourra donc être évaluée. Il existe un intérêt particulier à étudier ces trois consonnes puisqu'elles font appel à différents articulateurs lors de leur production. De fait, [b], étant une consonne labiale, requiert une occlusion des lèvres, tandis que les consonnes [d] et [g] ne demandent aucun mouvement spécifique des lèvres, étant produites par le déplacement de la langue dans la cavité buccale. En considérant le jeu de la coarticulation, ces différences de configuration peuvent avoir un impact sur la production des voyelles. Le tableau 4.3 présente les résultats de l'ampleur du mouvement de protrusion dans la production des mots cibles contenant la consonne [b].

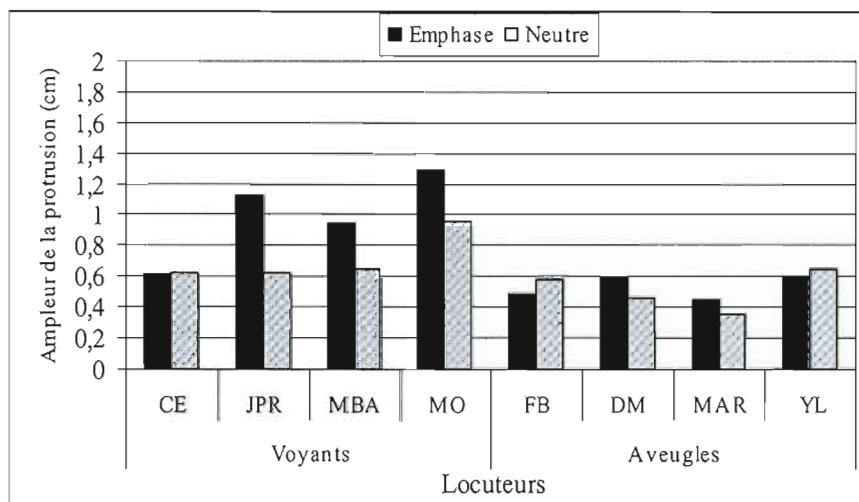


Figure 4.3 Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cibles contenant la consonne [b] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.

En condition neutre, les trois locuteurs voyants CE_v, JPR_v et MBA_v ont sensiblement le même comportement de protrusion, leurs valeurs se situant entre 0,63 cm et 0,66 cm, tandis que MO_v démontre une ampleur plus importante avec 0,95 cm. Chez les locuteurs aveugles, dans cette même condition, FB_a, DM_a et MAR_a obtiennent des valeurs légèrement inférieures à celles des voyants, étant entre 0,35 cm et 0,58 cm, tandis que le locuteur YL_a se démarque avec une ampleur de protrusion rejoignant celle des voyants avec 0,65 cm. Toutefois, cette légère différence entre les deux groupes ne s'est pas avérée significative, proposant une dynamique labiale comparable entre les voyants et les aveugles dans le contexte consonantique [b] pour cette condition.

En condition d'emphase, cependant, il existe davantage de variation interlocuteurs chez les voyants, l'ampleur de la protrusion variant de 0,94 cm à 1,13 cm pour JPR_v, MBA_v et MO_v. La locutrice CE_v se démarque avec une ampleur de protrusion restreinte de 0,62 cm. Dans cette même condition, les locuteurs aveugles démontrent une ampleur de protrusion inférieure à celle des voyants, variant de 0,45 cm à 0,61 cm. Une comparaison planifiée appliquée sur les valeurs en condition d'emphase a révélé une différence significative entre les deux groupes de locuteurs ($F(1,6)=9,60$, $p<0,05$).

Il est à noter que les résultats de CE_v, FB_a et YL_a sont inférieurs en condition d'emphasis comparativement à la condition neutre. Pour les trois autres locuteurs voyants, l'impact de la variable « condition » est davantage remarquable, l'augmentation de la condition neutre à la condition d'emphasis étant de 78,64%, 43,81% et 35,05% pour les locuteurs JPR_v, MBA_v et MO_v respectivement. Toutefois, cette augmentation ne s'avère pas aussi drastique pour DM_a et MAR_a, les deux locuteurs pour lesquels l'ampleur est plus importante en emphasis. De fait, l'ampleur de la protrusion de ces deux non voyants augmente d'environ 28% de la condition neutre à la condition d'emphasis. Les résultats des analyses statistiques révèlent que pour les locuteurs voyants, l'ampleur de la protrusion en condition d'emphasis est significativement plus importante que celle en condition neutre ($F(1,6)=10,90$; $p<0,05$), ce qui n'est pas le cas pour les locuteurs aveugles dans ce contexte consonantique.

La figure 4.4 illustre les résultats de l'ampleur du mouvement de protrusion des unités vocaliques en contexte consonantique [d] selon la condition prosodique.

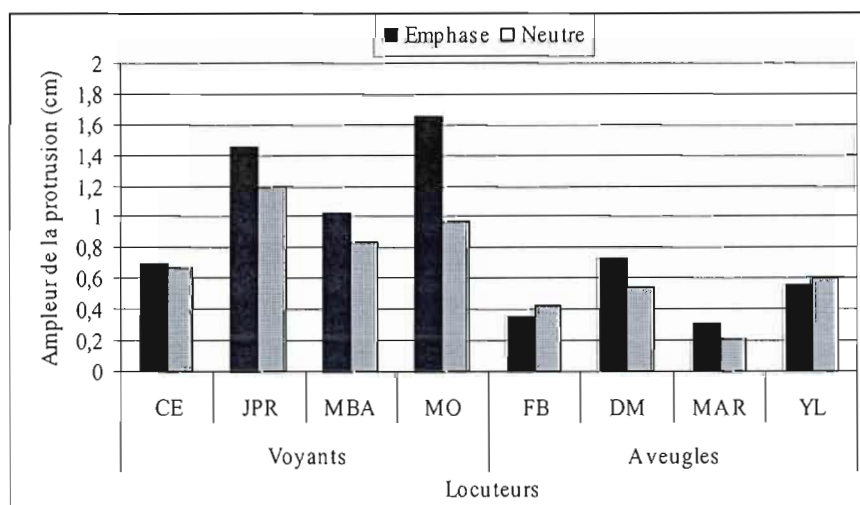


Figure 4.4 Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cibles contenant la consonne [d] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.

L'ampleur de la protrusion est visiblement supérieure chez les voyants dans le contexte consonantique [d], et ce dans les deux conditions prosodiques. Toutefois, autant en condition neutre qu'en condition d'emphase, se manifeste une grande variabilité interlocuteur. D'abord, parmi le groupe de voyants, JPR_v produit la valeur la plus élevée de protrusion avec 1,20 cm, tandis que CE_v produit la plus faible, soit de 0,68 cm. Chez les aveugles, dans cette même condition, YL_a démontre le plus d'ampleur de protrusion avec une moyenne de 0,61 cm. À l'autre extrême se situe MAR_a avec une faible ampleur de protrusion de 0,21 cm. La dynamique de protrusion dans la condition neutre pour ce contexte consonantique s'avère significativement plus grande chez les voyants que chez les aveugles ($F(1,6)=11,48$; $p<0,05$).

En condition d'emphase, la différence observée entre les deux groupes de locuteurs est d'autant plus marquée, l'ampleur variant de 0,70 cm à 1,46 cm chez les voyants comparativement à 0,31 cm et 0,74 cm chez les aveugles. La locutrice voyante CE_v s'avère être encore celle pour laquelle les valeurs sont les moins élevées parmi son groupe, tandis que c'est le locuteurs MAR_a qui obtient la valeur la plus basse parmi les voyants, avec 0,31 cm. Une comparaison planifiée appliquée sur les valeurs moyennes de l'ampleur de protrusion dans la production des mots cibles contenant la consonne [d] en condition d'emphase a révélé une différence significative entre les deux groupes de locuteurs ($F(1,6)=9,20$; $p<0,05$).

En ce qui concerne la différence de protrusion entre les deux conditions prosodiques, elle distingue les locuteurs voyants des locuteurs aveugles. Pour trois des quatre locuteurs voyants, la condition d'emphase provoque une augmentation de l'ampleur de la protrusion, particulièrement pour MO_v, lequel voit son amplitude de protrusion s'accroître de 0,70 cm. D'un autre côté, pour DM_a et MAR_a, les deux locuteurs pour lesquels l'ampleur de la protrusion est plus importante en condition d'emphase, la différence n'est que très minime, soit de 0,19 cm et 0,10 cm respectivement. Les résultats des analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les conditions prosodiques chez les voyants pour ce contexte consonantique ($F(1,6)=6,81$; $p<0,05$), mais non chez les aveugles.

Les résultats de l'ampleur du mouvement de protrusion dans le contexte consonantique [g] sont exposés à la figure 4.5.

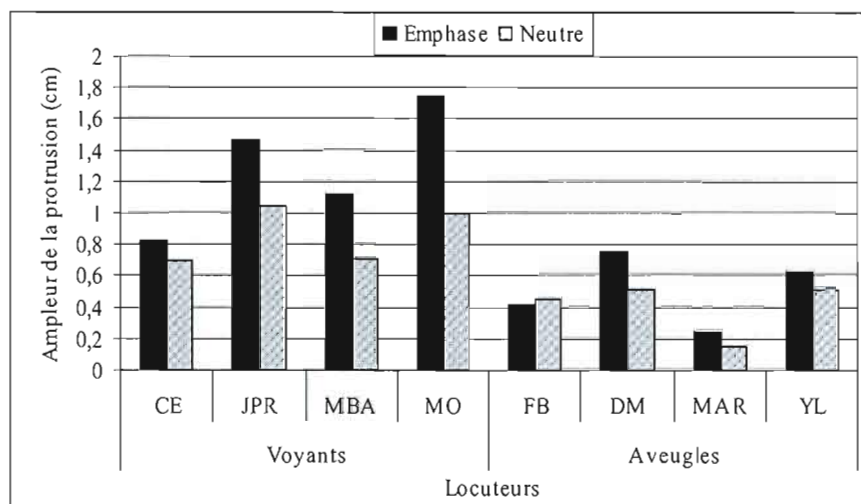


Figure 4.5 Ampleur du mouvement de protrusion lors de la production des mots cible contenant la consonne [g] pour les locuteurs aveugles et voyants, selon la condition prosodique.

La différence la plus manifeste entre les deux groupes de locuteurs se situe dans la production des mots cible contenant la consonne vélaire [g]. Que ce soit en condition neutre ou d'emphase, les valeurs de protrusion demeurent moins élevées chez les aveugles que chez les voyants. En condition neutre, CE_v et MBA_v démontrent une ampleur similaire avec 0,70 cm et 0,71 cm respectivement, tandis que JPR_v et MO_v effectuent davantage de protrusion avec 1,05 cm et 1,01 cm respectivement. Chez les locuteurs aveugles, pour cette même condition, trois des locuteurs ont un comportement de protrusion semblable, leur ampleur variant de 0,45 cm à 0,52 cm. Toutefois, MAR_a produit un très faible mouvement de protrusion avec une ampleur de 0,15 cm. La dynamique de protrusion dans la condition neutre pour ce contexte consonantique s'avère significativement plus grande chez les voyants que chez les aveugles ($F(1,6)=12,69$; $p<0,05$) selon une comparaison planifiée.

La différence entre les deux groupes est encore une fois plus marquée en condition d'emphase. De fait, l'ampleur varie de 1,12 cm à 1,75 cm pour trois des locuteurs voyants. Comme c'était le cas pour les contextes consonantiques [b] et [d], la locutrice CE_v est associée à des valeurs inférieures par rapport au reste de son groupe, avec un mouvement de protrusion de 0,82 cm, mais ses résultats sont tout de même supérieurs à ceux des non

voyants. Ces derniers effectuent un mouvement labial d'une ampleur variant de 0,24 cm à 0,75 cm. Une comparaison planifiée appliquée sur les valeurs moyennes en condition d'emphase a révélé une différence significative entre les deux groupes de locuteurs ($F(1,6)=11,49$; $p<0,05$).

La différence entre les deux conditions prosodiques est encore une fois notable davantage chez les voyants que chez les aveugles. En effet, à l'exception de CE_v pour laquelle l'augmentation n'est que de 0,13 cm, le mouvement de protrusion est plus ample de 0,42 cm, 0,41 cm et 0,74 cm dans la condition d'emphase comparativement à la condition neutre pour les locuteurs JPR_v, MBA_v et MO_v respectivement. Parmi le groupe de locuteurs aveugles, FB_a démontre encore une ampleur de protrusion plus faible en condition d'emphase, mais DM_a, MAR_a et YL_a protruent respectivement de 0,24 cm, 0,09 cm et 0,11 cm de plus en condition d'emphase qu'en condition neutre. Les résultats des analyses statistiques révèlent que pour les locuteurs voyants, l'ampleur de la protrusion en condition d'emphase est significativement plus importante que celle en condition neutre ($F(1,6)=19,26$; $p<0,01$), ce qui n'est pas le cas pour les locuteurs aveugles dans ce contexte consonantique.

À la lumière des mesures d'ampleur du mouvement de protrusion et des analyses statistiques, plusieurs tendances sont observées, relatives aux variables indépendantes « conditions prosodiques » et « consonnes », selon les deux groupes de locuteurs. Globalement, la dynamique labiale de protrusion s'est avérée significativement plus importante chez les voyants que chez les aveugles et ce, tant en condition d'emphase qu'en condition neutre, malgré les résultats d'ampleur moindre retrouvés chez la locutrice CE_v. Cette conclusion est juste pour les contextes consonantiques [d] et [g], mais non pour les mots contenant la consonne [b], pour lesquels les valeurs de protrusion des unités vocaliques en condition neutre ne se sont pas avérées significativement distinctes entre les aveugles et les voyants. Cependant, il est à noter que l'ampleur maximum de protrusion chez les voyants se retrouve en contexte consonantique [g], tandis que l'ampleur minimum l'est en contexte [b], contrairement aux locuteurs aveugles, pour lesquels le contexte de [b] est celui ayant révélé le maximum d'ampleur de protrusion. Rappelons que l'interaction des effets principaux « consonnes » et « groupes » s'est avérée significative selon l'ANOVA à mesures

répétées effectuée ($F(2,12)=7,59$; $p<0,01$), mais non celle des variables « conditions prosodiques » et « groupes ». Toutefois, le mouvement de protrusion s'est vu grandement affecté par la condition d'emphasis chez les voyants, résultant en des valeurs d'ampleur entre le maximum et le minimum beaucoup plus élevées, ce qui n'a pas été le cas pour les locuteurs aveugles. En fait, pour aucun des contextes consonantiques, la différence entre les deux conditions prosodiques ne s'est avérée significative.

En somme, les résultats de la dynamique labiale de protrusion ont révélé des différences de comportement articulaire entre le groupe d'aveugles et le groupe de voyants. La prochaine section expose les mesures d'aire aux lèvres prises lors de la production des voyelles arrondies [y] et [u] ainsi que des voyelles non arrondies [a] et [i].

4.2 Aire aux lèvres

La mesure d'aire aux lèvres renseigne sur l'ouverture globale des lèvres, sans toutefois fournir d'information précise sur la hauteur de la voyelle (fermée versus ouverte). Par exemple, ce type d'analyse ne permet pas de différencier avec précision la voyelle fermée [i] de la voyelle mi-fermée [e]. Cependant, il permet de distinguer les voyelles selon le trait d'arrondissement. En fait, l'aire aux lèvres devrait être plus restreinte pour les voyelles arrondies que les voyelles non arrondies, ces dernières étant, par convention, produites les lèvres écartées, donc en effectuant une ouverture dans le sens de la largeur interlabiale, tandis que les voyelles arrondies nécessite une projection et un arrondissement (éversion) des lèvres inférieure et supérieure, brimant ainsi toute ouverture intérolabiale. Seront d'abord présentées les moyennes des mesures d'aire aux lèvres pour chaque groupe de locuteurs, afin d'obtenir un indice du comportement global de chacun d'entre eux. Par la suite, un examen individuel des comportements de chacun des locuteurs selon la voyelle produite sera effectué.

Une ANOVA à mesures répétées a été appliquée sur les valeurs moyennes de l'ampleur de protrusion, avec les facteurs « consonnes », « voyelles » et « conditions prosodiques » comme variables indépendantes intrasujets et la variable « groupe » comme variable indépendante intersujet. Les effets principaux des facteurs « consonnes »,

« voyelles » et « conditions » se sont tous révélés significatifs, ce qui n'est pas le cas de la variable « groupe ». Les résultats des effets principaux et des interactions entre ces variables font l'objet du tableau 4.3.

Tableau 4.3
Résultats de l'ANOVA sur les valeurs moyennes d'aire aux lèvres pour chaque groupe de locuteurs, avec les variables indépendantes « consonnes » « voyelles » et « conditions prosodiques » (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Degrés de liberté	F	p
Groupes	1,6	2,20	
Consonnes	2,12	36,32	***
Consonnes*Groupes	2,12	10,40	**
Voyelles	3,18	153,60	***
Voyelles*Groupes	3,18	6,62	**
Conditions	1,6	17,23	**
Conditions*Groupes	1,6	0,48	
Consonnes*voyelles	6,36	10,27	***
Consonnes*Voyelles*Groupes	6,36	4,91	***
Consonnes*Conditions	2,12	1,99	
Consonnes*Conditions*Groupes	2,12	1,01	
Voyelles*Conditions	3,18	8,98	***
Voyelles*Conditions*Groupes	3,18	0,56	
Consonnes*Voyelles*Conditions	6,36	1,03	
Consonnes*Voyelles*Conditions*Groupes	6,36	0,76	

Les quatre prochaines figures illustrent les moyennes d'aire aux lèvres pour chacune des voyelles, soit [a], [i], [u] et [y], sans distinction du contexte consonantique, selon la condition neutre et la condition d'emphasis pour chaque groupe de locuteurs. Il est à noter que les résultats s'expriment en cm^2 puisqu'ils caractérisent l'aire intérolabiale. La figure 4.6 illustre les moyennes d'aire aux lèvres pour la voyelle [a].

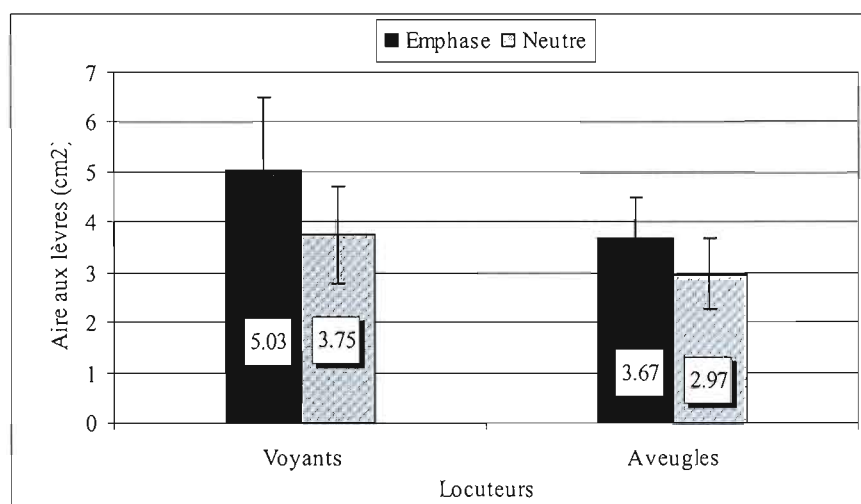


Figure 4.6 Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [a] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Le groupe de voyants est associé à des valeurs moyennes d'aire aux lèvres visiblement plus élevées que le groupe d'aveugles, et ce dans les deux conditions prosodiques. En effet, en condition neutre, la moyenne d'aire aux lèvres étant de 2,97 cm² chez les locuteurs aveugles, elle augmente de 26,41% chez les locuteurs voyants pour atteindre 3,75 cm². Toutefois, cette différence entre les deux groupes en condition neutre ne s'est pas avérée significative. En condition d'emphase, cette différence entre les deux groupes est également présente et légèrement plus grande, quoique non significative. Les locuteurs aveugles effectuent une ouverture labiale en moyenne de 3,67 cm² lors de la production de la voyelle [a], tandis que les locuteurs voyants accroissent l'aire aux lèvres en moyenne de 37,07% pour obtenir une mesure de 5,03 cm².

Aussi, la différence d'aire aux lèvres entre les deux conditions prosodiques est plus marquée chez le groupe de voyants. Même si pour les deux groupes les mesures sont plus hautes en condition d'emphase, chez les locuteurs voyants, l'augmentation moyenne est de 1,28 cm², tandis qu'elle n'est que de 0,70 cm² chez les locuteurs aveugles. Les résultats des analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les conditions prosodiques chez les voyants ($F(1,6)=10,32$; $p<0,05$), mais non chez les aveugles. Cependant, il est à

noter que les écarts types sont assez élevés, dénotant une variabilité intragroupe. En effet, ils atteignent $1,46 \text{ cm}^2$ et $0,97 \text{ cm}^2$ chez les voyants pour les conditions d'emphase et neutre respectivement, tandis qu'ils sont de $0,80 \text{ cm}^2$ et $0,72 \text{ cm}^2$ chez les aveugles pour ces mêmes conditions. Un examen individuel des comportements pour cette voyelle sera donc important.

La figure 4.7 présente les valeurs moyennes d'aire aux lèvres obtenues lors de la production de la voyelle [i] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique.

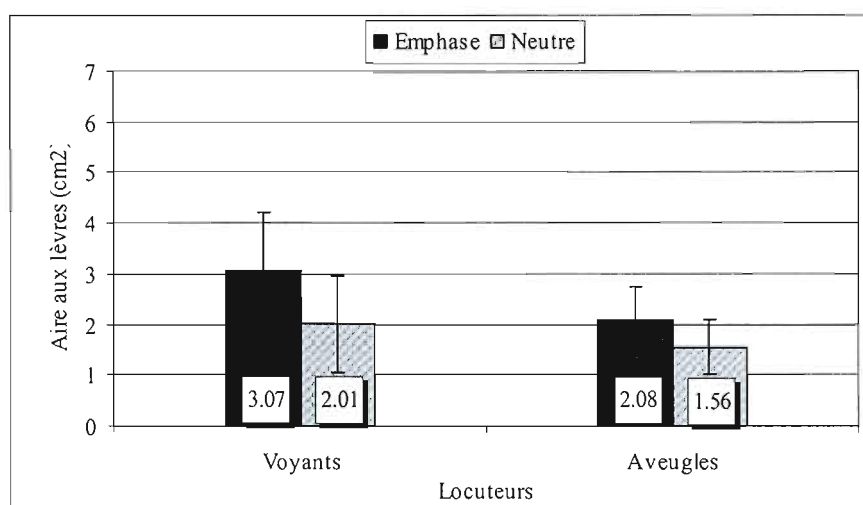


Figure 4.7 Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [i] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Les valeurs moyennes d'aire aux lèvres pour la voyelle [i] exhibent un patron similaire à celui obtenu pour la voyelle [a], même si dans le cas de cette dernière, l'aire aux lèvres se manifestait avec une plus grande ampleur. Bien que ces deux voyelles soient non arrondies, elles se distinguent par le trait de hauteur, la voyelle [a] étant ouverte et la voyelle [i] étant fermée, ce qui explique la différence d'ampleur d'aire aux lèvres. En ce qui a trait à la différence intergroupe, les locuteurs voyants présentent une valeur moyenne d'aire aux lèvres de $2,01 \text{ cm}^2$ en condition neutre, tandis que les locuteurs aveugles effectuent un mouvement labial d'environ un demi centimètre de moins, soit de $1,56 \text{ cm}^2$, différence

toutefois négligeable selon les analyses statistiques. En condition d'emphase, même si la différence moyenne atteint près d'un centimètre entre les deux groupes, elle ne s'est pas avérée significative pour autant.

La variable « conditions prosodiques » établit une différence entre les deux groupes de locuteurs. Le groupe de voyants augmente l'ampleur de l'aire aux lèvres de 47,93% de la condition neutre à la condition d'emphase, alors que le groupe d'aveugles ne démontre une augmentation que de 29,11% entre les deux conditions prosodiques. Les analyses statistiques effectuées sur la variable prosodique ont révélé que les locuteurs voyants produisent une aire aux lèvres significativement plus importante en condition d'emphase qu'en condition neutre ($F(1,6)=9,95$; $p<0,05$), ce qui n'est pas le cas chez les locuteurs aveugles.

Les écarts types révèlent encore une fois la présence d'une grande variabilité intragroupe, particulièrement chez les locuteurs voyants. De fait, les valeurs de ces derniers se situent à 1,15 cm² en condition d'emphase et 0,95 cm² en condition neutre, alors que les voyants obtiennent des écarts types de 0,65 cm² et 0,54 cm² pour ces deux conditions respectivement.

Les valeurs moyennes d'aire aux lèvres réalisée pour la voyelle [u] pour chaque groupe de locuteurs, selon la condition, sont présentées à la figure 4.8.

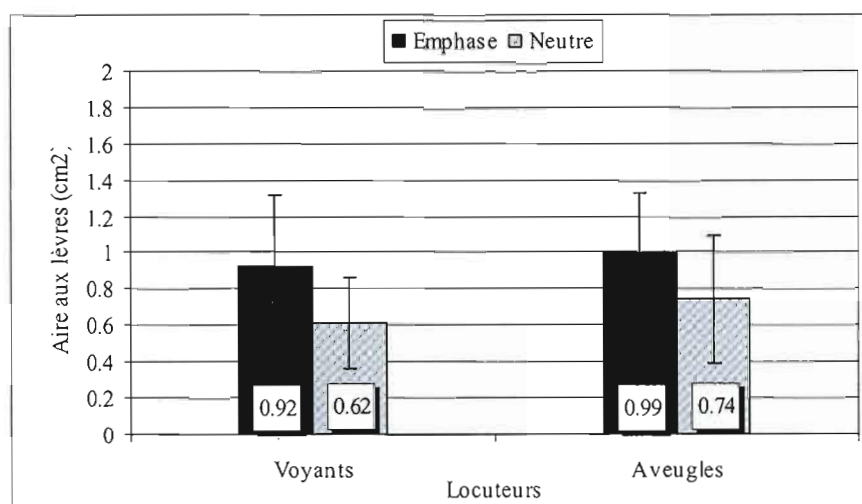


Figure 4.8 Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [u] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Pour la voyelle arrondie [u], les valeurs moyennes d'aire aux lèvres sont réduites par rapport aux deux voyelles non arrondies. En ce qui concerne la distinction intergroupe, l'ampleur de l'ouverture interlabiale s'avère hautement similaire, démontrant une dynamique labiale semblable. Les locuteurs aveugles présentent des mesures d'aire aux lèvres légèrement supérieures pour les deux conditions, avec 0,994 cm² en condition d'emphase et 0,741 cm² en condition neutre, alors que les locuteurs voyants sont associés à des valeurs moyennes de 0,92 cm² et 0,616 cm² pour les mêmes conditions. Cette distinction ne s'est pas avérée concluante à la lumière des analyses statistiques.

Néanmoins, les résultats des analyses statistiques ont révélé que, pour les deux groupes de locuteurs, l'aire aux lèvres est significativement plus importante en condition d'emphase qu'en condition neutre. D'une part, chez les voyants, l'aire aux lèvres augmente de 0,30 cm², passant de 0,62 cm à 0,92 cm ($F(1,6)=16,18$; $p<0,01$) et d'autre part, chez les aveugles, la valeur moyenne d'aire aux lèvres subit une augmentation de 0,25 cm² en condition d'emphase par rapport à la condition neutre ($F(1,6)=11,22$; $p<0,05$). Il est à noter que Abry et al. (1980) ont signalé la corrélation négative entre protrusion et aire aux lèvres en français. Cependant, nous étudions ici les variables conditions prosodiques et environnements

consonantiques sur l'aire aux lèvres et la protrusion. Il est donc probable que ces variables agissent de façon indépendante sur l'aire et la protrusion.

Finalement, en 4.9 sont représentées les valeurs moyennes d'aire aux lèvres de chaque groupe pour la voyelle [y] selon la condition prosodique.

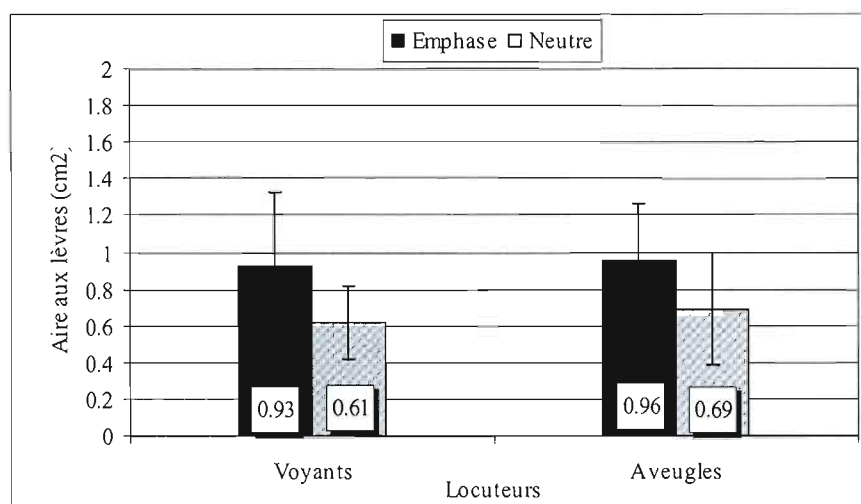


Figure 4.9 Moyennes et écarts types d'aire aux lèvres de la voyelle [y] pour chaque groupe de locuteurs selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Le patron constaté pour la voyelle [u] se répète pour cette autre voyelle arrondie, soit [y]. Les valeurs moyennes pour les deux conditions sont similaires pour les locuteurs aveugles et les locuteurs voyants, dénotant une dynamique labiale d'ouverture interlabiale similaire. La différence entre les deux groupes ne s'est donc pas avérée significative. Encore une fois ici, les résultats des analyses statistiques ont révélé que l'aire aux lèvres était plus grande en condition d'emphase qu'en condition neutre, tant pour les locuteurs voyants ($F(1,6)=9,22$; $p<0,05$) que pour les locuteurs aveugles ($F(1,6)=6,43$; $p<0,05$).

Les écarts types étant élevés lorsque sont considérées les moyennes par groupe, un examen des comportements individuels des locuteurs pour chacune des voyelles est requis. Les contextes consonantiques ne seront pas pris en compte dans cette discussion. Rappelons

toutefois que l'interaction des variables « consonnes » et « groupes » s'est avérée significative à la lumière de l'ANOVA ($F(2,12)=10,40$; $p<0,01$). Les différentes comparaisons planifiées sont exprimées au tableau 4.4.

Tableau 4.4
Comparaisons planifiées entre les différents contextes consonantiques pour
chaque groupe de locuteurs, sans distinction de la condition prosodique
(* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$)

	Comparaisons	F (1,6)	p
Voyants	b/d	22,82	**
	b/g	58,65	***
	d/g	44,16	***
Aveugles	b/d	0,99	
	b/g	5,62	
	d/g	8,69	*

En somme, l'effet de la consonne sur l'aire aux lèvres de la voyelle semble avoir un impact plus important chez les locuteurs voyants. De fait, la comparaison de toutes les paires de contextes consonantiques s'est avérée significative chez les voyants à $p<0,01$ ou $p<0,001$, alors que chez les aveugles, seule la comparaison de d/g démontre un effet significatif sur l'aire aux lèvres à $p<0,05$. Il y aurait donc davantage de coarticulation chez les voyants que chez les aveugles. Nous reviendrons sur ce sujet un peu plus loin à la section 4.3 lors de la présentation des espaces articulatoires labiaux.

La figure 4.10 présente les résultats par locuteurs d'aire aux lèvres pour la voyelle [a], sans distinction du contexte consonantique.

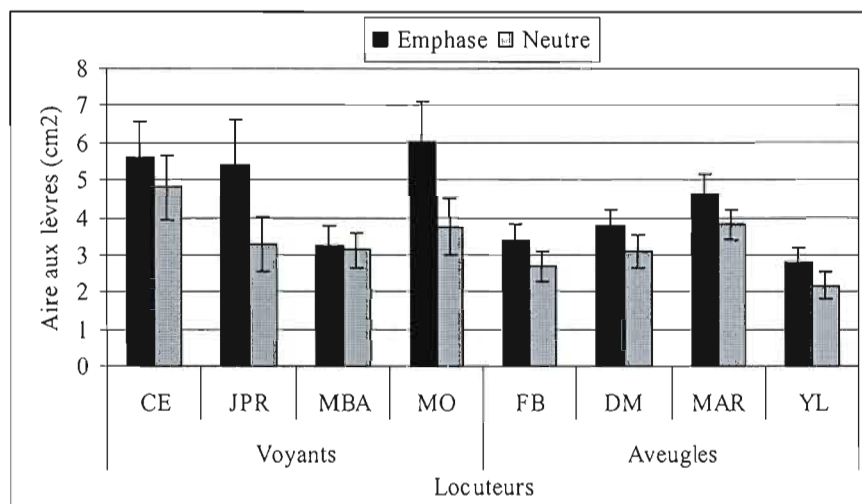


Figure 4.10 Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [a] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

En condition neutre, les locuteurs JPR_v, MBA_v et MO_v ont sensiblement le même comportement d'ouverture interlabiale avec des mesures d'aire aux lèvres allant de 3,13 cm² à 3,75 cm². CE_v, quant à elle, se démarque avec une aire moyenne de 4,80 cm², correspondant à une augmentation de plus d'un centimètre par rapport aux autres locuteurs voyants. Parmi le groupe d'aveugles, pour cette même condition, les valeurs de trois locuteurs varient de 2,68 cm² à 3,81 cm², lesquelles s'apparentent grandement aux mesures retrouvées chez trois des locuteurs voyants, tandis que YL_a a une aire aux lèvres moins importante avec 2,17 cm². En condition d'emphase, c'est le locuteur MBA_v qui s'écarte des valeurs moyennes du groupe de voyants avec 3,26 cm², comparativement aux trois autres dont l'aire varie de 5,38 cm² à 6 cm². Parmi le groupe d'aveugles, les mesures d'aire aux lèvres varient de 2,77 cm² à 4,62 cm², sans patron particulier.

En ce qui a trait à la variable « conditions prosodiques », JPR_v et MO_v démontrent une augmentation importante des valeurs d'aire aux lèvres en condition d'emphase, par rapport à la condition neutre, de 2,09 cm² et 2,24 cm² respectivement. Parmi les autres locuteurs, groupes confondus, la condition d'emphase a provoqué une augmentation de l'ouverture interlabiale variant de 0,67 cm² à 0,78 cm², à l'exception de MBA_v, pour lequel l'augmentation n'a été que de 0,13 cm². Comme c'était le cas pour les mesures de

protrusion, la variation intralocuteur est plus importante chez les voyants que chez les aveugles, ce qui est particulièrement vrai pour CE_v, JPR_v et MO_v en condition d'emphase, lesquels ont des écarts types respectifs de $0,99 \text{ cm}^2$, $1,25 \text{ cm}^2$ et $1,10 \text{ cm}^2$.

La figure 4.11 illustre les valeurs moyennes d'aire aux lèvres obtenues lors de la production de la voyelle [i] pour chaque locuteur selon la condition prosodique.

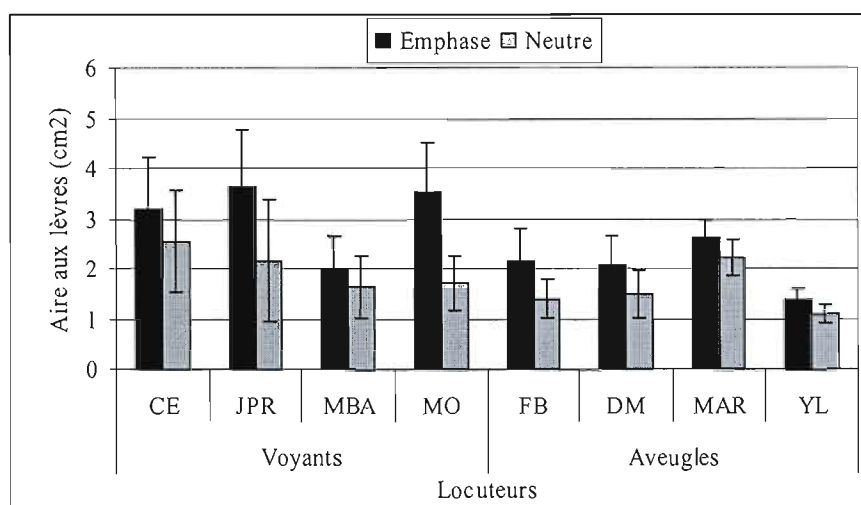


Figure 4.11 Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [i] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

En condition neutre, chez les voyants, les locutrices CE_v et JPR_v effectuent un mouvement labial plus ample que les locuteurs MBA_v et MO_v, bien que toutes les mesures d'aire de ce groupe se retrouvent entre $1,71 \text{ cm}^2$ et $2,54 \text{ cm}^2$. Parmi la cohorte de locuteurs aveugles, MAR_a se démarque avec une aire aux lèvres de $2,21 \text{ cm}^2$, étant plus élevée que celles obtenues chez les trois autres locuteurs, dont les valeurs varient entre $1,09 \text{ cm}^2$ et $1,49 \text{ cm}^2$. En condition d'emphase, l'ampleur de l'aire aux lèvres s'avère visiblement plus élevée chez les voyants, seul MBA_v faisant exception. De fait, les résultats se situent entre $3,19 \text{ cm}^2$ et $3,64 \text{ cm}^2$ pour CE_v, JPR_v et MO_v. Chez les locuteurs aveugles, YL_a se distingue en obtenant une aire aux lèvres inférieure, soit de $1,377 \text{ cm}^2$, comparativement à FB_a, DM_a et MAR_a, pour lesquels l'aire aux lèvres est respectivement de $2,16 \text{ cm}^2$, $2,07 \text{ cm}^2$ et $2,63 \text{ cm}^2$ dans la condition d'emphase.

Aussi, même si pour les deux groupes, les mesures sont plus élevées en emphase, la différence d'aire aux lèvres entre les deux conditions prosodiques est plus marquée chez les participants voyants, particulièrement pour JPR_v et MO_v, pour lesquels les valeurs en emphase augmentent de 68,33% et 106,01% respectivement.

Les valeurs moyennes d'aire aux lèvres réalisée pour la voyelle [u] pour chaque locuteur, selon la condition, sont présentées à la figure 4.12.

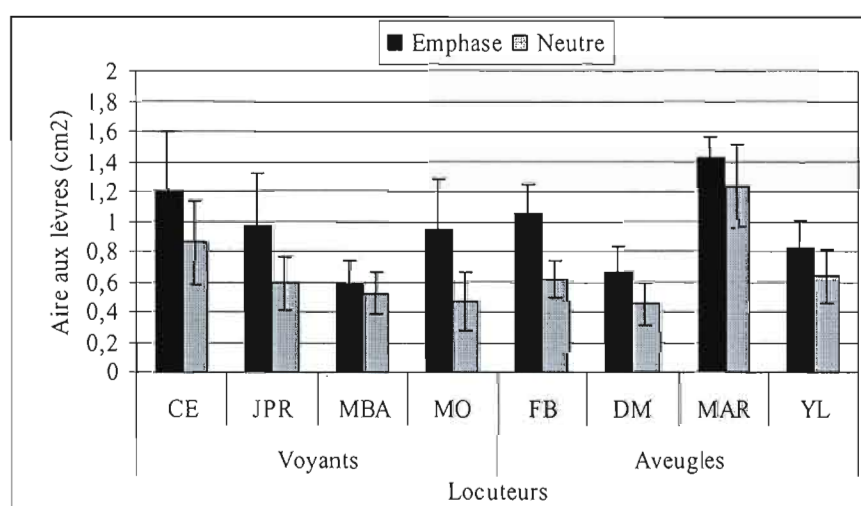


Figure 4.12 Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [u] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Aucun patron intergroupe spécifique ne ressort de ce graphique. Certains comportements particuliers peuvent toutefois être rapportés. La locutrice DM_a, laquelle effectuait le plus de mouvement de protrusion à l'intérieur du groupe d'aveugles, est celle pour laquelle les valeurs d'aire aux lèvres sont les plus basses pour la voyelle [u] en condition neutre. En condition d'emphase, cette locutrice démontre encore une fois le moins d'ampleur d'aire interlabiale, mais parmi son groupe seulement, étant donné que MBA_v obtient une aire aux lèvres encore plus petite. Au contraire, le locuteur aveugle MAR_a était celui qui démontrait l'ampleur de protrusion la moins importante et se trouve à être celui, de tous les locuteurs, ayant le plus de mouvements labiaux d'aire aux lèvres dans la production

de cette voyelle, avec $1,416 \text{ cm}^2$ en emphase et $1,235 \text{ cm}^2$ en neutre. Encore ici, la variation des valeurs est plus notable chez les voyants que chez les aveugles, principalement en emphase pour les locuteurs CE_v, JPR_v et MO_v qui obtiennent des écarts types de $0,42 \text{ cm}^2$, $0,35 \text{ cm}^2$ et $0,34 \text{ cm}^2$ respectivement. Aussi, comme il a été spécifié plus tôt à la figure 4.8, la différence d'aire entre les deux conditions prosodiques s'est avérée significativement plus importante en condition d'emphase qu'en condition neutre.

La figure 4.13 présente les mesures d'aire aux lèvres de la voyelle [y] pour chaque locuteur, selon la condition prosodique.

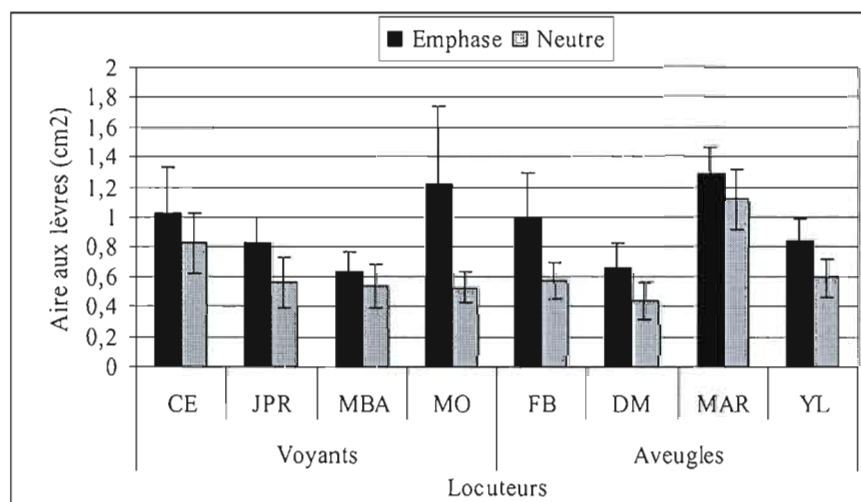


Figure 4.13 Mesures d'aire aux lèvres pour la voyelle [y] par locuteur, selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Comme pour la voyelle précédente, les mesures d'aire aux lèvres obtenues pour la voyelle [y] ne permettent pas de départager les deux groupes de locuteurs. En condition neutre, MAR_a a démontré, encore une fois, une ampleur d'aire interlabiale plus importante que le reste des locuteurs, soit de $1,12 \text{ cm}^2$, quoique la locutrice CE_v effectue un mouvement labial similaire obtenant une aire aux lèvres de $0,83 \text{ cm}^2$. Pour tous les autres locuteurs, groupes confondus, les valeurs d'aire s'avèrent semblables, variant de $0,44 \text{ cm}^2$ à $0,59 \text{ cm}^2$. En condition d'emphase, les comportements d'aire aux lèvres sont disparates, de

telle sorte que pour chaque locuteur voyant, un locuteur aveugle obtient sensiblement la même mesure : CE_v (1,03 cm²) et FB_a (1 cm²), JPR_v (0,83 cm²) et YL_a (0,84 cm²), MBA_v (0,63 cm²) et DM_a (0,66 cm²), ainsi que MO_v (1,28 cm²) et MAR_a (1,28 cm²). En somme, la distinction quant au groupe de locuteur ne s'est pas avérée significative à la lumière des analyses statistiques. Toutefois, certaines comparaisons planifiées opposant les deux groupes de locuteurs se sont avérées significatives, notamment celles du mouvement d'aire aux lèvres effectué lors de la production des voyelles [a] et [i] dans le contexte consonantique [g]. Les résultats de cette analyse statistique sont présentés au tableau 4.5.

Tableau 4.5
Comparaisons planifiées opposant les deux groupes de locuteurs selon les variables indépendantes « consonnes » et « voyelles », sans distinction de la condition prosodique (* p<0,05 ; ** p<0,01 ; *** p<0,001)

Contextes consonantiques	Voyelles	F (1,6)	p
[b]	[a]	0,83	
	[i]	0,24	
	[u]	1,01	
	[y]	0,87	
[d]	[a]	3,97	
	[i]	5,55	
	[u]	5,56	
	[y]	0,01	
[g]	[a]	6,33	*
	[i]	6,63	*
	[u]	0,01	
	[y]	0,004	

À partir de l'analyse des mesures d'aire aux lèvres obtenue pour les voyelles [a], [i], [u] et [y], certaines tendances ressortent quant aux variables « groupes », « conditions prosodiques » et « consonnes ». D'abord, aucune distinction intergroupe relative aux mesures d'aire aux lèvres des voyelles arrondies et non arrondies ne s'est avérée significative selon les analyses statistiques, à l'exception des voyelles [a] et [i] dans le contexte consonantique

spécifique [g]. Toutefois, en condition d'emphase, des différences de 1,36 cm² et 0,995 cm² pour les voyelles [a] et [i] respectivement ont été relevées entre les locuteurs voyants et aveugles, tous les contextes consonantiques confondus. En ce qui a trait aux voyelles non arrondies, les comportements d'ouverture interlabiale étaient quasi semblables entre les deux groupes, quoique les locuteurs aveugles présentaient des valeurs négligemment plus élevées. L'effet de la condition prosodique sur l'aire aux lèvres a toutefois distingué les aveugles des voyants. Pour ces derniers, les mesures d'aire se sont avérées significativement plus élevées en condition d'emphase comparativement à la condition neutre pour les quatre voyelles, tandis que pour les locuteurs aveugles, la condition prosodique s'est révélée avoir une influence seulement sur les voyelles arrondies. Finalement, l'effet du contexte consonantique sur l'aire aux lèvres des voyelles semble avoir eu un impact plus important chez les locuteurs voyants.

La prochaine section illustre les espaces articulatoires labiaux, lesquels permettront de visualiser l'espace utilisé par les locuteurs dans la production des voyelles [a], [i], [u] et [y], en condition neutre et en condition d'emphase.

4.3 Espaces articulatoires labiaux

Cette section présente les espaces articulatoires labiaux, lesquels sont représentés sur l'axe des x par l'aire aux lèvres (en cm²) et sur l'axe des y par la protrusion (en cm), correspondant aux valeurs brutes. Les ellipses ont été tracées à $\pm 1,5$ écart type de la moyenne des 30 répétitions de chacune des voyelles, par condition (10 répétitions * 3 contextes consonantiques). L'interprétation de ces espaces articulatoires sera réalisée sur la base de deux types d'analyses. D'une part, des analyses discriminantes permettront de déterminer dans quelle mesure les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion caractérisent et différencient les voyelles arrondies [u] et [y] des voyelles non arrondies [a] et [i] produites par les locuteurs. Il s'agit en fait d'un calcul du pourcentage des éléments bien classés dans un groupe donné. D'autre part, un examen des ellipses sera conduit relativement à des critères de distinction interclasse et de variabilité intraclasse. Le calcul des distances

euclidiennes permettra de mesurer la séparation articulaire entre les voyelles, et donc de spécifier le caractère plus ou moins distinct des contrastes produits. L'indice de leur variabilité intraclasse, quant à elle, sera fourni par l'aire des ellipses, laquelle sera définie visuellement. Cette dernière mesure s'avère moins importante étant donné que les espaces articulatoires étudiés proposent un tableau global des productions, à savoir sans distinction du contexte consonantique. L'aire des ellipses risque donc d'être plus ou moins grandes selon le degré de coarticulation.

4.3.1 Aire aux lèvres versus protrusion

Les espaces articulatoires labiaux des locuteurs voyants seront d'abord présentés et ensuite, ceux des locuteurs aveugles. Ces deux parties seront respectivement suivies par une discussion relative aux résultats intragroupes. Les figures 1.14 à 1.17 illustrent les espaces articulatoires labiaux utilisés par les locuteurs voyants dans la production des voyelles [a], [i], [u] et [y], et ce pour les deux conditions prosodiques. Les lignes pointillées verticale et horizontale servent à délimiter les zones de protrusion et d'aire aux lèvres des espaces articulatoires. L'appendice E illustre les espaces articulatoires labiaux de chaque contexte consonantique selon la condition prosodique pour chaque locuteur.

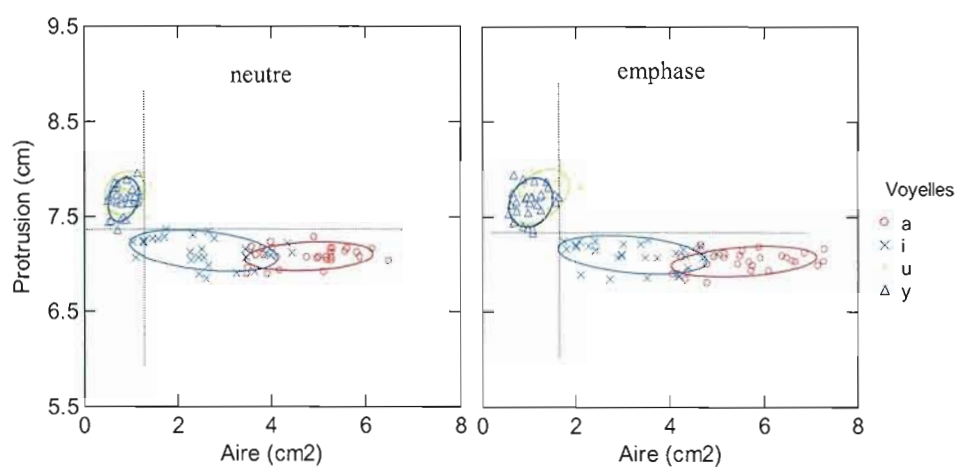


Figure 4.14 Espaces articulatoires labiaux de la locutrice CE_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

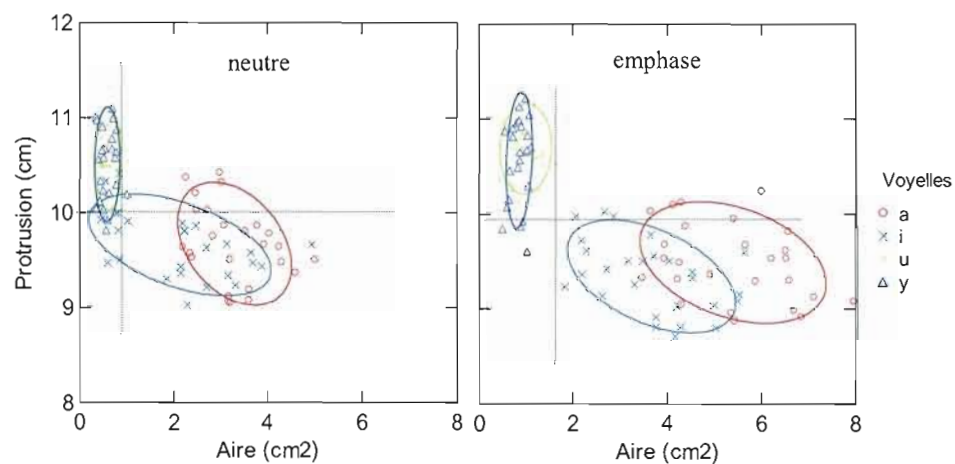


Figure 4.15 Espaces articulatoires labiaux de la locutrice JPR_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

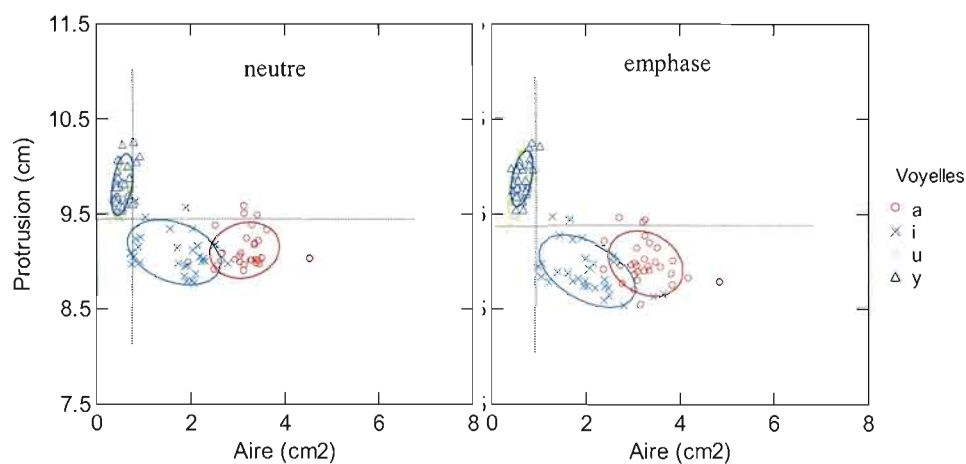


Figure 4.16 Espaces articulatoires labiaux du locuteur MBA_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

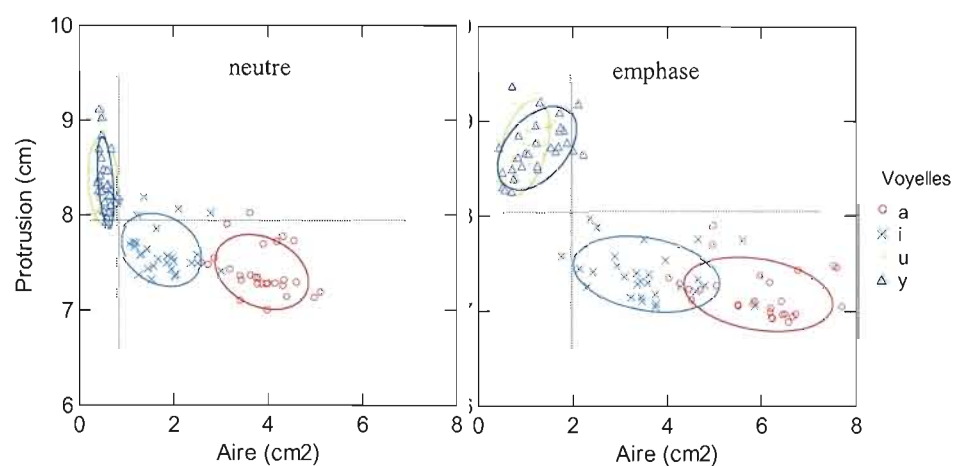


Figure 4.17 Espaces articulatoires labiaux du locuteur MO_v selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

D'abord, il est à mentionner que les espaces articulatoires labiaux utilisés par les quatre locuteurs voyants sont bien répartis, dans le sens où il existe une distinction claire départageant les voyelles arrondies des voyelles non arrondies tant sur l'axe des x que sur l'axe des y . En effet, les lignes verticale et horizontale délimitent parfaitement les zones

d'aire aux lèvres et de protrusion distinguant les voyelles [a i] des voyelles [u y] pour tous les locuteurs, à l'exception de JPR_v en condition neutre. Pour cette dernière, en plus de présenter quelques valeurs de protrusion semblables entre les voyelles [a i] et [u y], l'ellipse de la voyelle [i] chevauche légèrement celles des voyelles arrondies. Pour tous les locuteurs, les ellipses correspondant aux voyelles arrondies [u] et [y] se superposent, constat auquel il fallait s'attendre puisque seul le mouvement d'antéro-postériorité permet de les distinguer. Aussi, les ellipses des voyelles [a] et [i] se chevauchent faiblement au centre des espaces articulatoires labiaux, lesquels s'avèrent à être également plus diffus chez les voyants étant donné la présence d'une dispersion intraclasse plus importante. Tel que spécifié dans les sections précédentes, les locuteurs voyants sont associés à davantage de variabilité, en raison d'écarts type plus élevés en général, comparativement à la population aveugle étudiée. En fait, en considérant les contextes consonantiques distinctement, il existe une variation de l'espace utilisé par ces voyelles, probablement une cause de la coarticulation. Nous reviendrons sur ce point plus tard lors de la présentation des distances euclidiennes opposant les contextes consonantiques. Finalement, en ce qui concerne l'effet de la condition prosodique sur l'espace articulatoire utilisé dans la production des quatre voyelles, les locuteurs voyants ont, pour la plupart, augmenté l'ampleur de la protrusion opposant les voyelles arrondies aux voyelles non arrondies ainsi que l'aire aux lèvres des voyelles [a] et [i]. Toutefois, cet effet s'est avéré plus notable pour JPR_v et MO_v que pour CE_v et MBA_v.

Les figures 4.18 à 4.21 illustrent les espaces articulatoires labiaux utilisés par les locuteurs non voyants dans la production des voyelles [a], [i], [u] et [y], et ce pour les deux conditions prosodiques.

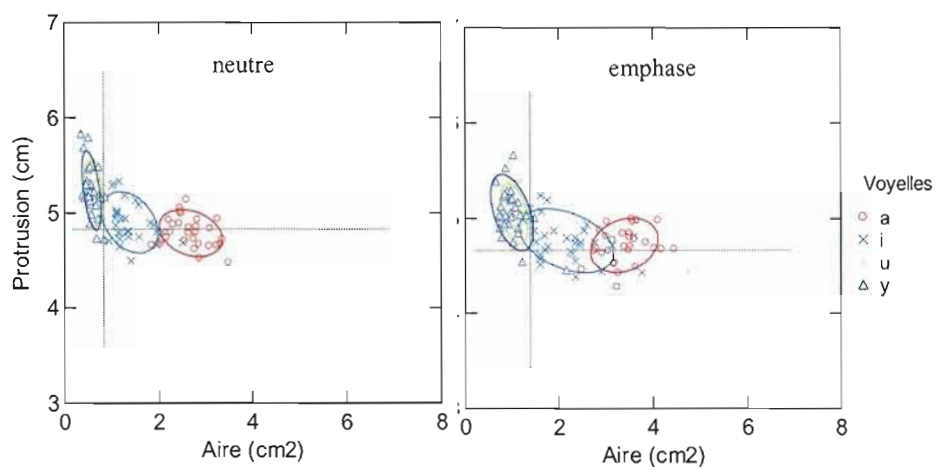


Figure 4.18 Espaces articulatoires labiaux de la locutrice FB_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

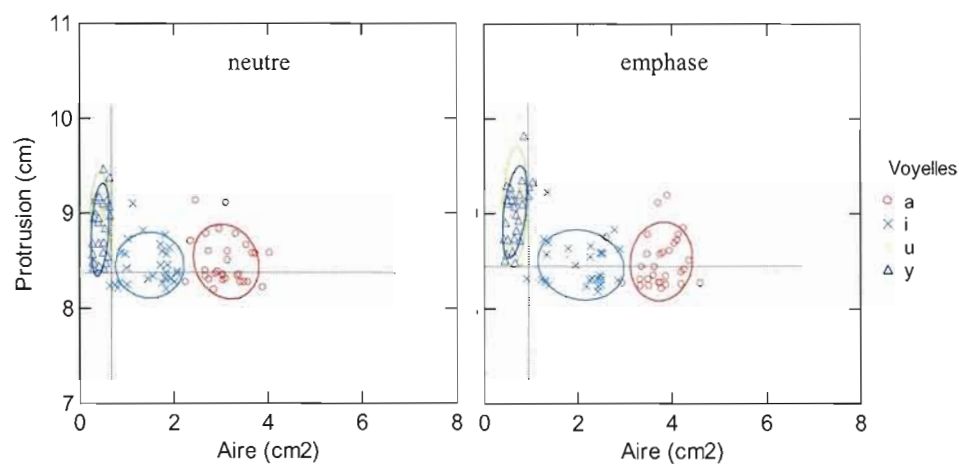


Figure 4.19 Espaces articulatoires labiaux de la locutrice DM_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

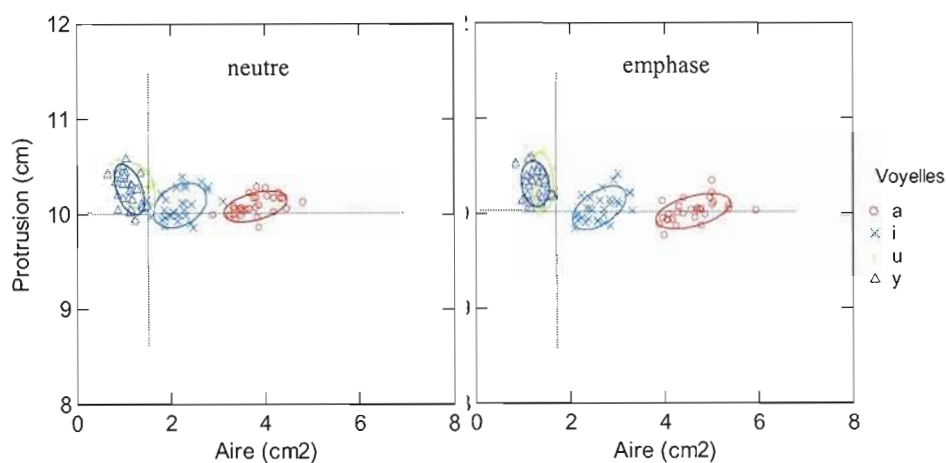


Figure 4.20 Espaces articulatoires labiaux du locuteur MAR_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

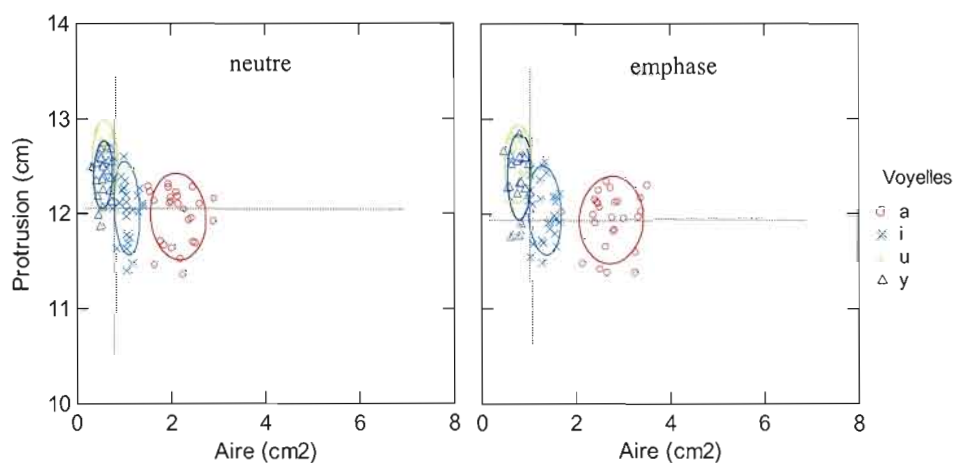


Figure 4.21 Espaces articulatoires labiaux du locuteur YL_a selon la condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique.

Les espaces articulatoires labiaux des locuteurs aveugles sont davantage restreints comparativement à ceux utilisés par les locuteurs voyants, particulièrement sur l'axe des y , représentant les valeurs de protrusion, mais également sur l'axe des x . Toutefois, ceci n'empêche aucunement d'obtenir une distinction claire, basée sur l'aire aux lèvres, entre les

voyelles arrondies versus les voyelles non arrondies, et même entre [a] et [i], les ellipses ne se chevauchant pas sur l'axe des x . De fait, pour tous les locuteurs aveugles, la ligne verticale délimite les zones d'aire aux lèvres distinguant les voyelles arrondies des voyelles non arrondies, mais la ligne horizontale ne permet pas cette distinction. Moins de la moitié des ellipses des voyelles [a] et [i] se retrouvent en dessous de la limite tracée par la frontière verticale, dénotant des valeurs de protrusion hautement similaires pour ces dernières et les voyelles [u] et [y]. Aussi, les ellipses s'avèrent être davantage précises chez ce groupe de locuteurs, démontrant une faible dispersion intraclasse. Il semblerait donc que le contexte consonantique ait une influence moins forte chez les locuteurs aveugles résultant en une coarticulation amoindrie. L'effet de la condition prosodique d'emphasis sur les valeurs d'aire aux lèvres et de protrusion ne s'est pas manifesté avec une grande intensité chez ces locuteurs, tel qu'il a été spécifié au cours des sections précédentes. Visuellement, les espaces articulatoires labiaux de la condition neutre à la condition d'emphasis ne subissent que peu de changements, si ce n'est qu'une légère augmentation des valeurs d'aire aux lèvres et d'ampleur de protrusion.

4.3.2 Analyses discriminantes

Les analyses discriminantes effectuées sur les mesures d'aire aux lèvres et de protrusion permettent de déterminer dans quelle mesure ces paramètres caractérisent et différencient les voyelles arrondies [u] et [y] des voyelles non arrondies [a] et [i] produites par les locuteurs. Le tableau 4.6 présente les résultats de l'analyse discriminante prenant en compte la combinaison des deux paramètres, soit « aire aux lèvres » et « protrusion » dans la distinction des deux groupes de voyelles.

Tableau 4.6
 Résultats (en %) de l'analyse discriminante opposant les voyelles arrondies et les voyelles non arrondies selon les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion combinés pour chaque locuteur selon la condition prosodique

	Aire et protrusion (%)	
	Emphase	Neutre
CE_v	100	100
JPR_v	98,08	93,20
MBA_v	98,33	97,50
MO_v	99,13	96,49
FB_a	91,38	91,30
DM_a	95,65	93,04
MAR_a	96,61	94,07
YL_a	89,62	89,52

Les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion combinés permettent de discriminer de hauts pourcentages de productions vocaliques selon les traits arrondi versus non arrondi et ce, pour les deux groupes de locuteurs. Toutefois, les analyses discriminantes proposent une distinction plus fine chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles, particulièrement en condition d'emphase.

Les résultats de l'analyse discriminante prenant en compte les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion séparément dans la distinction des voyelles arrondies versus non arrondies font l'objet du tableau 4.7.

Tableau 4.7
 Résultats (en %) de l'analyse discriminante opposant les voyelles arrondies et les voyelles non arrondies selon les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion pris séparément pour chaque locuteur selon la condition prosodique

	Aire (%)		Protrusion (%)	
	Emphase	Neutre	Emphase	Neutre
CE_v	90,52	92,24	99,15	99,15
JPR_v	93,27	91,43	91,51	87,50
MBA_v	93,33	91,67	95,00	93,33
MO_v	93,91	86,96	100	94,83
FB_a	88,03	85,47	81,03	84,35
DM_a	92,17	90,43	81,74	75,65
MAR_a	88,98	90,68	81,36	73,73
YL_a	84,91	82,86	81,03	80,87

Considérons en premier lieu le paramètre d'aire aux lèvres. En condition neutre, les pourcentages de discrimination s'avèrent sensiblement similaires entre les deux groupes de locuteurs, malgré le fait que FB_a et YL_a soient associés à des valeurs légèrement inférieures. En condition d'emphase, à l'exception de DM_a, pour laquelle les valeurs rejoignent celles des locuteurs voyants, les productions vocaliques des locuteurs aveugles sont distinguées selon les traits arrondi versus non arrondi de façon moins radicale, leur pourcentage variant de 84,91% à 88,98%, comparativement à 90,52% à 93,91%. Ainsi, les voyelles [a ɪ] et [u y] sont discriminées articulatoirement selon le paramètre d'aire aux lèvres autant chez le groupe de voyants que chez le groupe d'aveugles, quoique ces derniers présentent des pourcentages légèrement inférieurs.

Le paramètre de protrusion ne dépeint pas le même portrait de distinction vocalique. De fait, en condition neutre, la moyenne de l'analyse discriminante pour le groupe de voyants est de 93,70% (les valeurs variant de 99,15% à 87,50%), tandis qu'elle est de 78,65% (les valeurs variant de 73,73% à 84,35) pour le groupe d'aveugles. Il s'agit donc d'une diminution d'un peu plus de 15%. En condition d'emphase, les résultats de l'analyse discriminante augmentent légèrement pour les deux groupes, de sorte que pour le groupe de voyants, le paramètre de protrusion permet de discriminer 96,41% des productions vocaliques selon le trait binaire arrondi/non arrondi, tandis que pour le groupe de voyants, il permet de distinguer 81,29%. Il s'agit encore une fois d'une diminution d'un peu plus de 15%. Il est à remarquer également que, chez les voyants, le paramètre de protrusion considéré seul discrimine davantage de productions vocaliques que le paramètre d'aire aux lèvres seul, ce qui est tout à fait contraire aux locuteurs aveugles. En somme, à la lumière des analyses discriminantes, chez ces derniers, le paramètre de protrusion s'avère beaucoup moins discriminant que celui d'aire aux lèvres.

4.3.3 Distances euclidiennes articulatoires

Les distances euclidiennes confrontant les voyelles nous renseignent également sur l'espace articulatoire occupé par les locuteurs voyants et les locuteurs aveugles dans leur production. Les figures 4.22 et 4.23 illustrent les distances euclidiennes confrontant les paires de voyelles

s'opposant, entre autres, par le trait articulatoire d'arrondissement, soit [a u] et [a y] ainsi que [i u] et [i y] en condition d'emphase. Les distances euclidiennes des productions vocaliques opposant les voyelles, les contextes consonantiques ainsi que les conditions prosodiques font l'objet de l'appendice D. Il est à noter que les locuteurs aveugles sont représentés par les barres les plus pâles, tandis que les locuteurs voyants le sont par les barres les plus foncées.

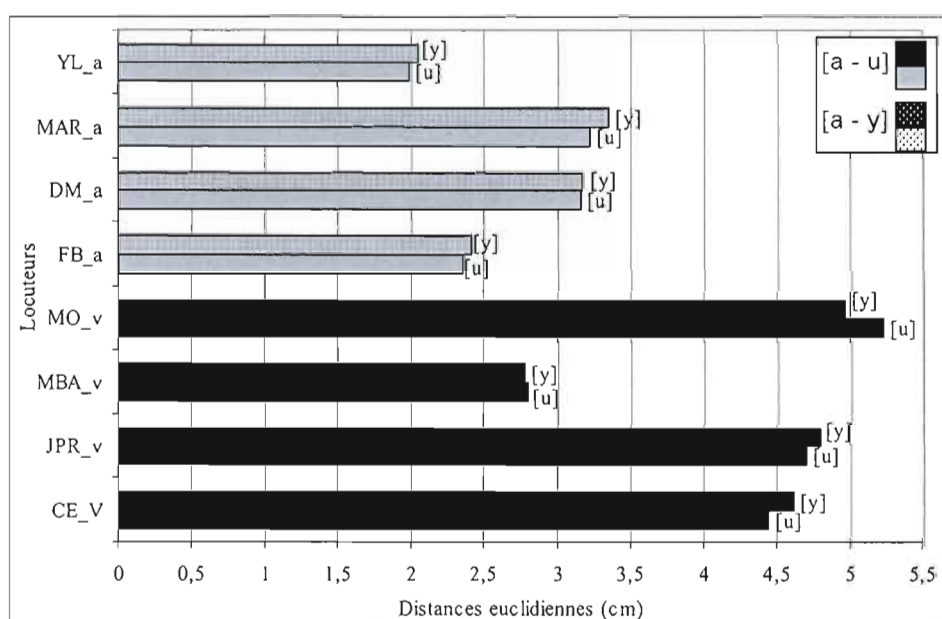


Figure 4.22 Distances euclidiennes (en cm) opposant les voyelles [a u] et [a y] en condition d'emphase, sans distinction du contexte consonantique, pour les locuteurs aveugles (barres pâles) et les locuteurs voyants (barres foncées).

Les distances euclidiennes opposant les paires de voyelles [a u] et [a y] distinguent les deux groupes de locuteurs, quoique MBA_v présente des valeurs inférieures à l'intérieur de son groupe. En fait, CE_v, JPR_v et MO_v sont associés à des valeurs largement plus élevées avec des distances variant de 4,45 cm à 5,23 cm entre la voyelle arrondie et la voyelle non arrondie que les locuteurs aveugles, pour lesquels les valeurs varient de 1,99 cm à 3,36 cm.

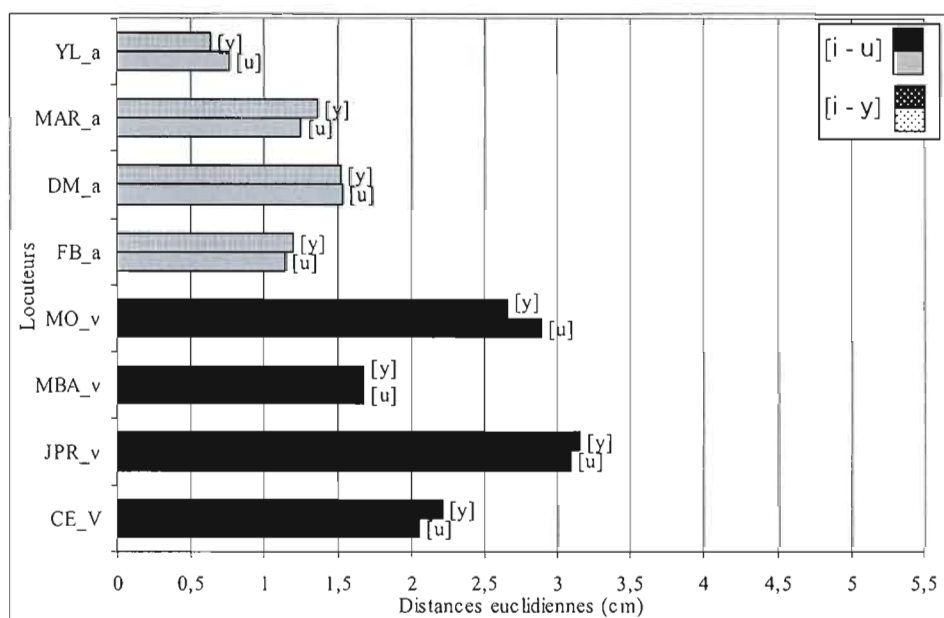


Figure 4.23 Distances euclidiennes (en cm) opposant les voyelles [i u] et [i y] en condition d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour les locuteurs aveugles (barres pâles) et les locuteurs voyants (barres foncées).

Les distances euclidiennes opposant les paires de voyelles [i u] et [i y] sont d'autant plus révélatrices de l'écart entre les deux groupes de locuteurs en ce qui a trait à l'espace articulatoire labial qu'ils utilisent respectivement. En effet, les valeurs plus élevées associées aux locuteurs voyants dénotent un mouvement labial plus important chez ce groupe, comparativement aux locuteurs aveugles.

Nous terminerons cette section sur une discussion relative à l'effet articulatoire des variables « conditions prosodiques » et « contexte consonantique » sur les productions vocaliques des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles. Selon les distances euclidiennes confrontant les conditions prosodiques pour chaque voyelle, l'effet de la condition d'emphasis s'est avéré globalement plus important articulatoirement chez les voyants que chez les aveugles, constat qui avait été préalablement rapporté aux sections précédentes pour l'ampleur de la protrusion et de l'aire aux lèvres. La figure 4.24 illustre les distances euclidiennes opposant les deux conditions prosodiques pour chaque voyelle, sans distinction du contexte consonantique.

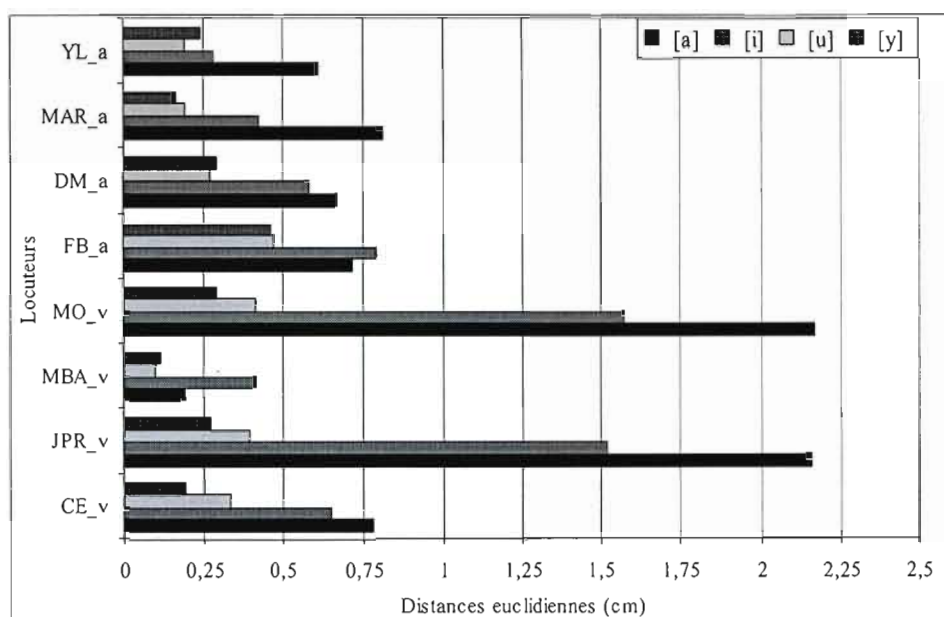


Figure 4.24 Distances euclidiennes (en cm) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, sans distinction du contexte consonantique, pour chaque locuteur.

À la lumière de cette figure, on parle davantage d'effet global puisque seul deux locuteurs voyants présentent des distances euclidiennes plus importantes que les locuteurs aveugles, soit JPR_v et MO_v. Toutefois, rappelons que les mesures de protrusion s'étaient avérées significativement plus élevées en condition d'emphasis comparativement à la condition neutre pour les locuteurs voyants, ce qui n'était pas le cas pour les locuteurs aveugles. Pour les mesures d'aire aux lèvres, la condition prosodique s'était révélée avoir un effet significatif seulement sur les voyelles arrondies chez les aveugles, mais sur les quatre voyelles chez les voyants. La question à savoir si les locuteurs aveugles ont effectivement produit les mots cibles sous emphasis contrastive doit être posée étant donné que peu d'indices articulatoires ne le démontrent. En fait, l'emphasis a plutôt été produite acoustiquement chez ce groupe. Ne faisant pas partie intégrante de nos questions de recherche, un chapitre sur les corrélats acoustiques de l'emphasis est proposé en appendice B.

Finalement, malgré le fait que les espaces articulatoires labiaux présentés ne permettaient pas de distinguer les contextes consonantiques, les distances euclidiennes ont

témoigné d'une plus grande coarticulation chez les locuteurs voyants, principalement pour les voyelles non arrondies. La figure 4.25 présente un portrait résumé des distances euclidiennes de la voyelle [a] opposant les différentes paires de contextes consonantiques en condition d'emphase.

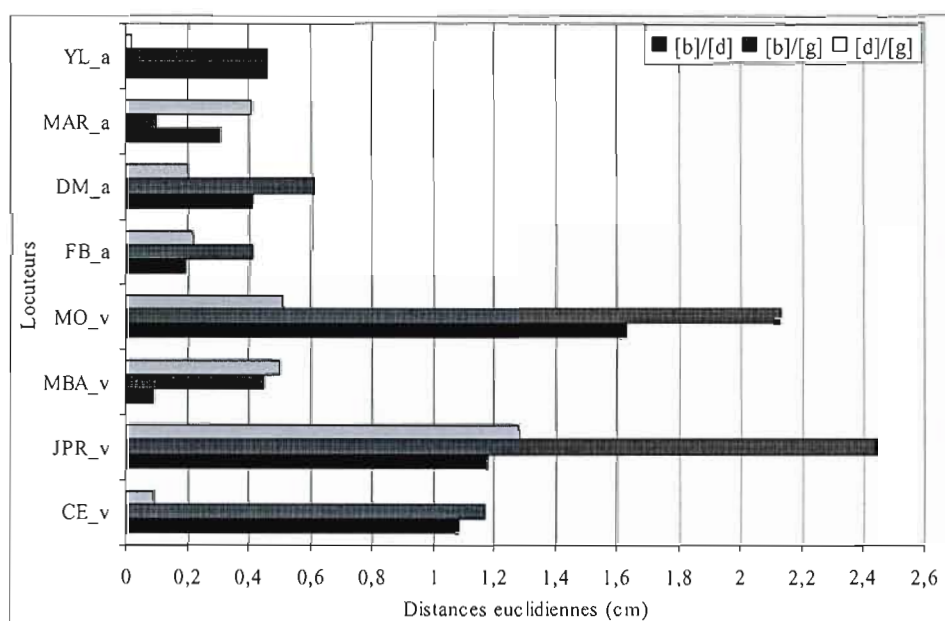


Figure 4.25 Distances euclidiennes (en cm) de la voyelle [a] opposant chaque couple de contexte consonantique, en condition prosodique d'emphase.

Les distances euclidiennes sont révélatrices du petit changement opéré de la condition neutre à la condition d'emphase chez les locuteurs aveugles comparativement aux locuteurs voyants. En effet, à l'exception de MBA_v, les locuteurs voyants démontrent des modifications plus importantes de l'espace articulatoire labial occupé dans la production de cette voyelle. Par exemple, la distance euclidienne de la voyelle [a] en contexte [b] versus [g] est variée de 1,17 cm à 2,44 cm pour les locuteurs CE_v, JPR_v et MO_v, tandis qu'elle varie de 0,1 cm à 0,61 cm chez les aveugles.

Dans le but d'illustrer cette distinction quant à l'effet de la coarticulation entre les deux groupes de participants, deux cas de figures sont présentés, l'un du locuteur dont les distances euclidiennes sont les plus élevées, MO_v (figure 4.26), et l'autre du locuteur présentant les distances euclidiennes les moins élevées, YL_a (figure 4.27). Les espaces articulatoires labiaux de ces deux locuteurs illustrent les productions vocaliques, en condition d'emphase, dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] distinctement.

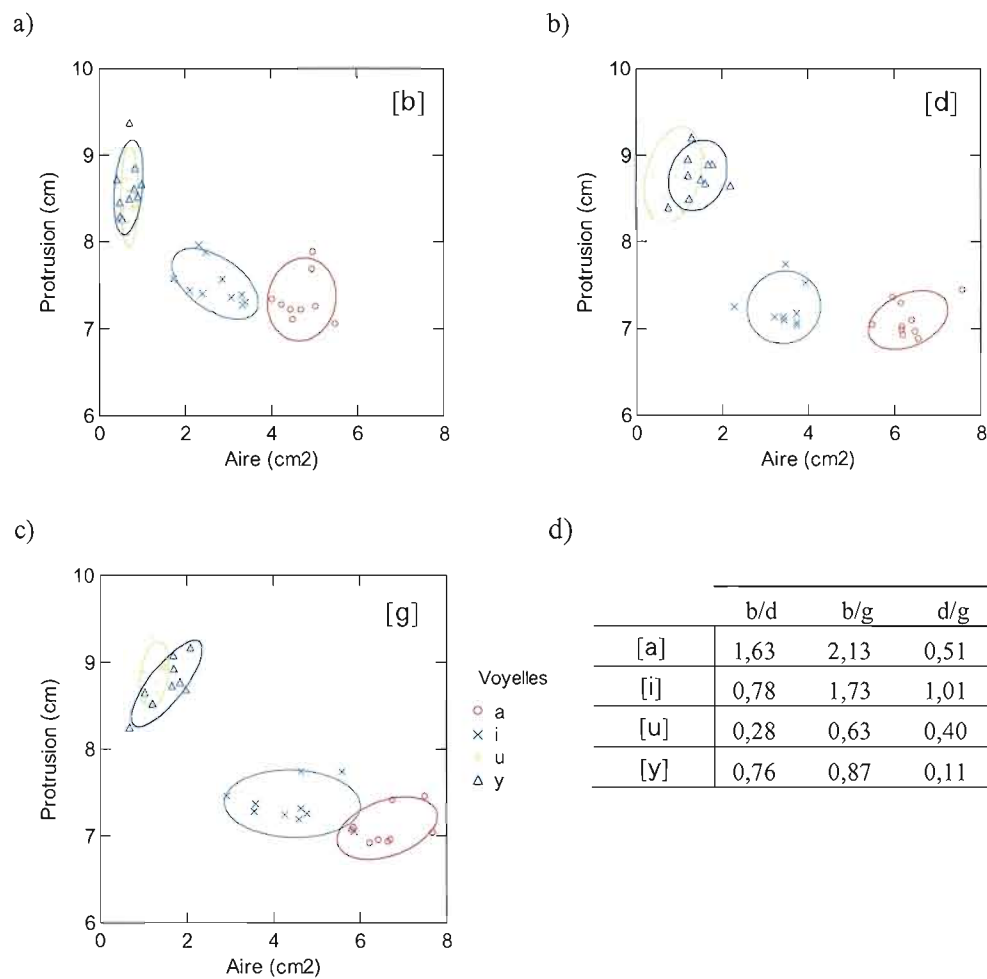


Figure 4.26 Espaces articulatoires labiaux du locuteur MO_v pour chaque contexte consonantique en condition d'emphase a) [b], b) [d], c) [g], d) distances euclidiennes (en cm).

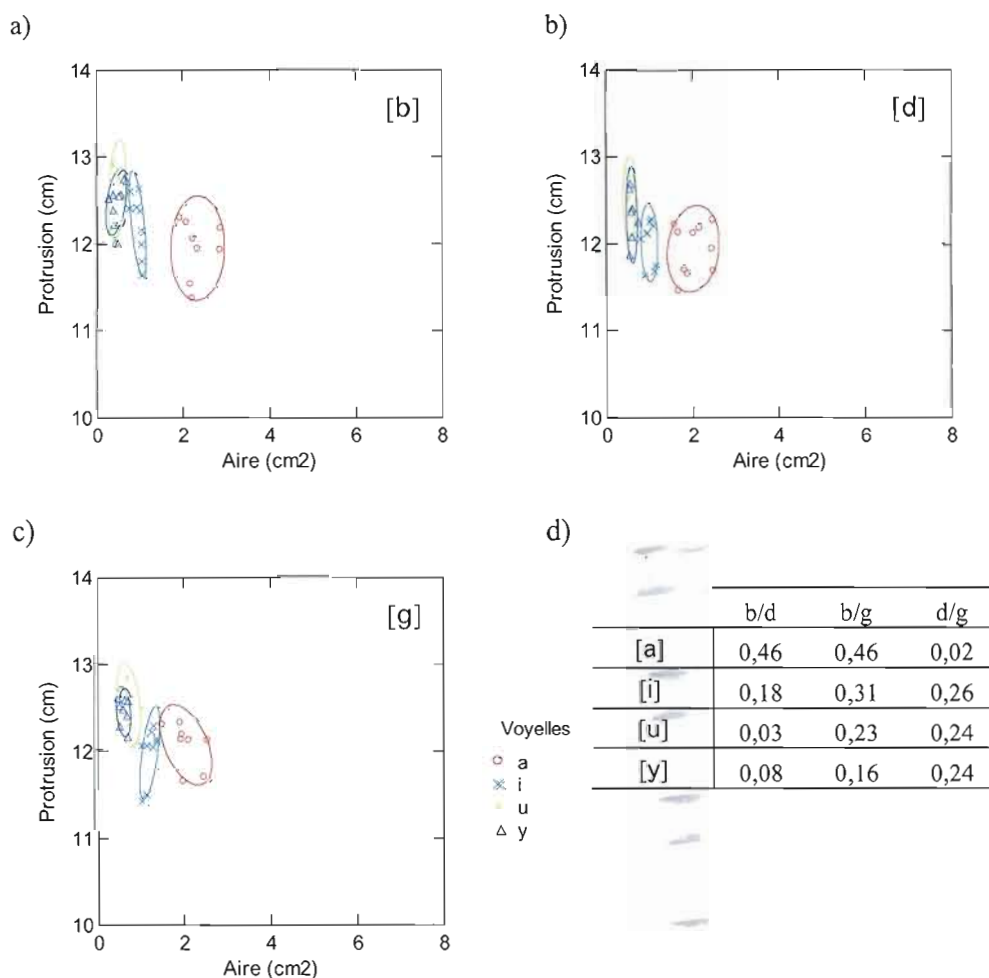


Figure 4.27 Espaces articulatoires labiaux du locuteur YL_a pour chaque contexte consonantique en condition d'emphase a) [b], b) [d], c) [g], d) distances euclidiennes (en cm).

Il est clairement apparent, même visuellement, que l'espace articulatoire utilisé par le locuteur voyant diffère d'un contexte consonantique à l'autre, ce qui n'est pas le cas du locuteur aveugle. Les distances euclidiennes appuient ce constat qualitatif. La différence la plus marquée se trouve entre les contextes [b] et [g], les distances euclidiennes étant de 2,13 cm et 1,73 cm pour les voyelles [a] et [i] pour MO_v et de 0,46 cm et 0,31 cm pour YL_a.

La consonne [b] étant produite par une occlusion des lèvres, elle les contraint dans la production du segment suivant, résultant en un mouvement labial réduit. Or, la consonne [g], produite par une occlusion entre la langue et le palais, laisse les lèvres libres de tout mouvement. D'un côté, le locuteur voyant profiterait de cette liberté supplémentaire pour produire des mouvements labiaux plus amples, telles qu'une protrusion plus importante pour les voyelles [u] et [y] et une ouverture interlabiale plus grandes pour les voyelles [a] et [i], renforçant ainsi les traits distinctifs des segments. D'un autre côté, pour le locuteur aveugle qui n'emploie déjà que très peu l'articulateur labial dans la distinction des voyelles arrondies versus non arrondies, la dynamique labiale ne se trouve pas influencée par ce degré de liberté supplémentaire. Au contraire, l'ampleur de la protrusion la plus importante a été retrouvée dans le contexte consonantique [b] chez les aveugles.

4.4 Conclusion

Ce chapitre, ayant porté sur la dynamique labiale dans la production des voyelles [a], [i], [u] et [y], laquelle est définie ici par les mouvements de protrusion et d'aire aux lèvres, a permis de tracer un portrait du comportement articulaire des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles. La dynamique labiale de protrusion s'est avérée significativement plus importante chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles, et ce tant en condition neutre que d'emphase. Toutefois, aucune différence significative intergroupe n'a été retrouvée relativement aux mesures d'aire aux lèvres, malgré le fait qu'elles aient été légèrement plus élevées chez les locuteurs voyants. En somme, les paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion ont permis de distinguer articulatoirement les voyelles [a i] des voyelles [u y] pour le groupe de voyants, tandis que pour le groupe d'aveugles, la protrusion ne s'est pas révélé être un paramètre hautement discriminant.

CHAPITRE V

ANALYSE ACOUSTIQUE DES PRODUCTIONS VOCALIQUES

Au cours de ce chapitre seront présentés les résultats d'ordre acoustique. Nous décrirons dans un premier temps l'organisation acoustique des voyelles [a], [i], [u] et [y], selon les valeurs formantiques de F1 et F2 (en Hertz), des productions des quatre locuteurs voyants et des quatre locuteurs aveugles. D'une part, cette analyse fournira une description de l'espace acoustique utilisé par les locuteurs dans la production des voyelles cardinales, lequel sera défini par l'AVS. Cette mesure spécifie la dispersion des catégories vocaliques en effectuant la moyenne de toutes les distances euclidiennes calculées pour chaque paire de voyelles. D'autre part, cette analyse permettra de confirmer les résultats obtenus par Dupont (2006), qui, rappelons-le, a démontré que, malgré la présence de variabilité interlocuteur, les productions vocaliques entre les deux groupes de locuteurs étaient similaires, notamment en ce qui a trait à la taille de l'AVS, de l'aire des ellipses et des distances euclidiennes. Dans un deuxième temps, une attention particulière sera accordée aux voyelles se distinguant sur la base du trait d'arrondissement, soit les voyelles hautes [i y] et [i u], quoique cette dernière opposition implique également le trait d'antéro-postériorité. Le chapitre 4 ayant rapporté une dynamique labiale de protrusion significativement plus importante chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles, l'analyse des unités vocaliques d'un point de vue acoustique permettra de vérifier si ces différences articulatoires entre les deux groupes se traduisent par les mêmes conséquences acoustiques.

En raison de différences physiologiques entre les locuteurs de sexe féminin et de sexe masculin, et même entre les locuteurs de ces groupes, un examen individuel des résultats acoustiques s'impose. Nous utiliserons davantage des calculs individuels et les distances euclidiennes, en fonction des conditions prosodiques afin de proposer des tendances

intergroupes. Les résultats complets quant aux distances euclidiennes et de l'AVS sont présentés en appendice G, tandis que les trapèzes acoustiques, selon les différents contextes consonantiques, sont répertoriés en appendice H.

5.1 AVS : une mesure de dispersion vocalique

Cette section présente les mesures de dispersions des quatre voyelles produites par chacun des locuteurs selon l'environnement consonantique. La figure 5.1 illustre les valeurs des AVS obtenus pour les quatre locutrices, selon le contexte consonantique, pour les deux conditions prosodiques.

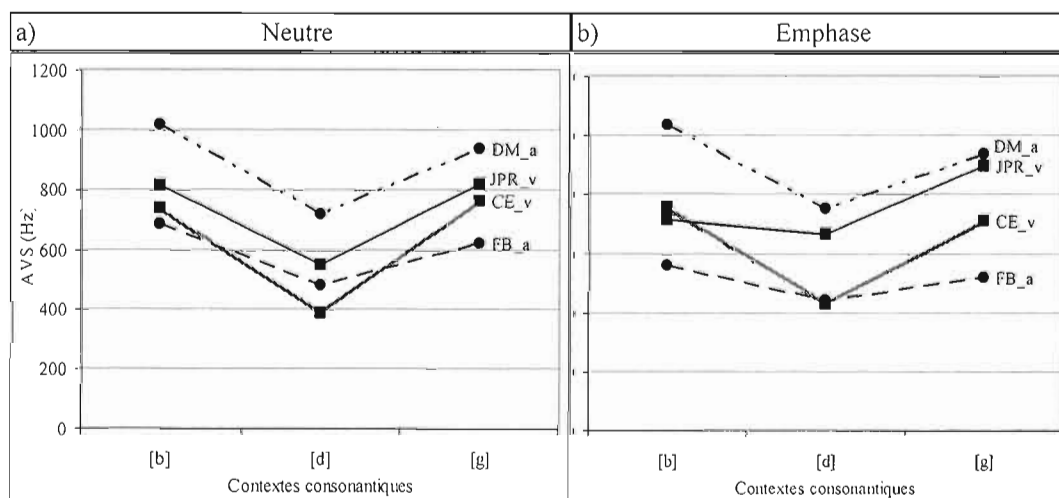


Figure 5.1 AVS (en Hz) de chacune des locutrices, selon le contexte consonantique pour les deux conditions prosodiques : a) condition neutre, b) condition d'emphase.

À partir des figures représentant les tailles des AVS des locutrices, peu de tendances peuvent être dégagées. D'une part, la locutrice aveugle FB_a obtient les AVS, en condition neutre et en condition d'emphase, les plus petits, et d'autre part, la locutrice aveugle DM_a est associée aux plus grands AVS pour ces mêmes conditions respectivement. Aussi, l'AVS du contexte consonantique [d] se trouve réduit par rapport à ceux des contextes [b] et [g]

pour toutes les locutrices, quoique cette distinction interclasse soit plus importante en condition d'emphase.

La figure 5.2 présente les AVS obtenus pour les quatre locuteurs, selon le contexte consonantique, pour les deux conditions prosodiques. Cette figure dépeint un portrait similaire à celui obtenu pour les locutrices.

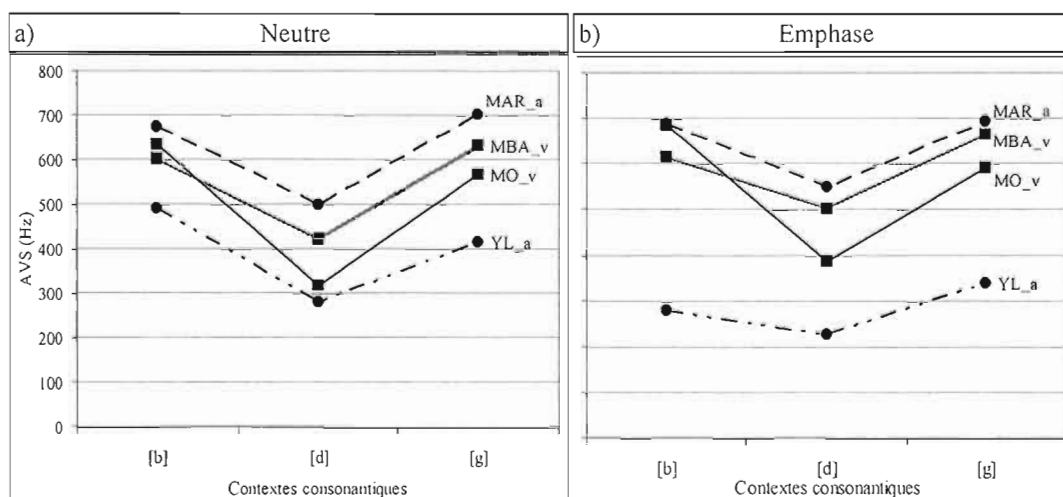


Figure 5.2 AVS (en Hz) de chacun des locuteurs, selon le contexte consonantique, pour les deux conditions prosodiques : a) condition neutre, b) condition d'emphase.

D'un côté, le locuteur aveugle MAR_a est associé aux AVS en condition neutre et d'emphase dont les tailles sont les plus grandes, et d'un autre côté, le locuteur aveugle YL_a obtient les AVS les plus petits. Comme c'était le cas pour les locutrices, les AVS des contextes consonantiques [b] et [g] sont de plus grandes tailles que celui du contexte [d], cette différence étant plus marquée en condition neutre qu'en condition d'emphase encore une fois.

Les proportions de variations de l'AVS de la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque contexte consonantique font l'objet de la figure 5.3.

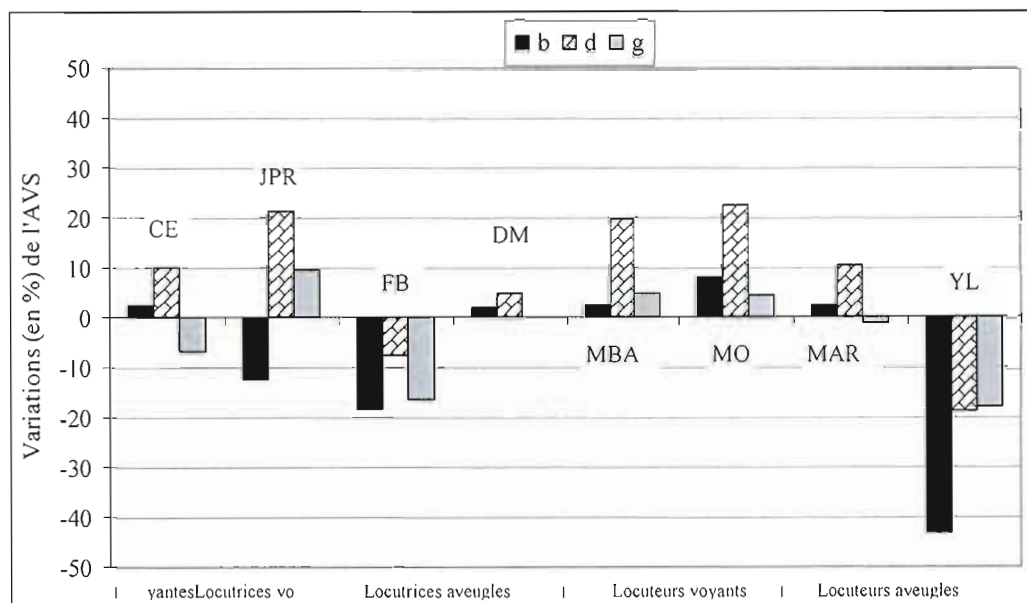


Figure 5.3 Variation (en pourcentage) de l'AVS de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chacun des contextes consonantiques (une valeur négative correspond à une diminution de la taille de l'AVS de la condition neutre à la condition d'emphasis, tandis qu'une valeur positive correspond à une augmentation).

Globalement, il y a présence d'une grande variabilité, tant au niveau des variations par groupe de locuteurs, que par type d'environnement consonantique. C'est la locutrice DM_a qui présente le moins de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis, tandis que c'est le locuteur YL_a qui en présente le plus, particulièrement dans le contexte [b]. Aussi, il peut être noté que pour les locuteurs voyants, la taille de l'AVS augmente davantage en contexte [d] de la condition neutre à la condition d'emphasis comparativement aux locuteurs aveugles. Toutefois, aucun patron spécifique ne ressort quant à la variation des AVS dans le contexte [g].

Le tableau suivant résume les AVS obtenus par les locuteurs voyants et aveugles ainsi que les pourcentages de variation d'une condition à l'autre pour chaque contexte consonantique.

Tableau 5.1
 Comparaison de l'AVS (en Hz) des différents contextes consonantiques selon la condition prosodique, et pourcentage (%) de variation de la condition neutre (N) à la condition d'emphasis (E) pour chaque locuteur

		[b]			[d]			[g]		
		N	E	%	N	E	%	N	E	%
Locutrices	CE_v	738	< 755	↑ 2,3	391	< 429	↑ 9,8	763	> 711	↓ -6,8
	JPR_v	816	> 714	↓ -12,5	550	< 666	↑ 21,2	819	< 897	↑ 9,5
	FB_a	687	> 561	↓ -18,5	482	> 444	↓ -7,8	620	> 519	↓ -16,4
	DM_a	1018	< 1038	↑ 2,0	719	< 753	↑ 4,7	937	< 938	↑ 0,07
Locuteurs	MBA_v	603	< 618	↑ 2,5	422	< 504	↑ 19,6	634	< 665	↑ 5,0
	MO_v	636	< 687	↑ 8,1	318	< 389	↑ 22,3	568	< 592	↑ 4,3
	MAR_a	676	< 691	↑ 2,2	500	< 551	↑ 10,2	703	> 695	↓ -1,1
	YL_a	493	> 281	↓ -43,1	281	> 229	↓ -18,6	417	> 342	↓ -18,1

Pour la plupart des locuteurs, la tendance est à l'augmentation de la taille de l'AVS en condition d'emphasis. En effet, à l'exception de FB_a et YL_a, tous présentent, dans au moins deux contextes consonantiques sur trois, une augmentation relative à l'espace acoustique utilisé selon les valeurs formantiques de F1 et F2. Pour les trois contextes consonantiques, ces deux locuteurs aveugles sont associés à des réductions de leur espace vocalique moyen respectif, lesquels se trouvent également à être les plus petits parmi leur groupe basé sur le sexe. Or, le petit nombre de locuteurs et la variabilité individuelle au sein des participants de même sexe et de même groupe quant à la taille de l'AVS nous empêche de proposer quelques conclusions que ce soit relativement à l'influence de la cécité sur la production acoustique.

La section suivante propose une discussion relative aux distinctions vocaliques basées sur le trait d'arrondissement, à savoir les paires de voyelles [i y] et [i u], quoique cette dernière opposition implique également le trait d'antéro-postériorité. Ayant spécifié au chapitre 4 une différence intergroupe en ce qui a trait à la dynamique labiale de protrusion, cette distinction nous intéresse particulièrement.

5.2 Distances euclidiennes : opposition des voyelles arrondies versus non arrondies

Les analyses discriminantes rapportées au cours du chapitre 4 quant à la distinction des voyelles arrondies versus non arrondies, sur la base des paramètres d'aire aux lèvres et de protrusion, nous ont fourni un portrait précis des stratégies articulatoires labiales utilisées par chacun des groupes de locuteurs pour opposer les voyelles [i a] des [u y]. Au cours de cette section, nous nous penchons plus spécifiquement sur les paires de voyelles [i u] et [i y], les unités de chaque paire se distinguant, entre autres, par le trait d'arrondissement, afin d'examiner si les résultats rapportés par les analyses discriminantes, lesquelles différenciaient clairement les locuteurs voyants des locuteurs aveugles, sont reliés à des conséquences acoustiques distinctes. Notre analyse sera effectuée principalement sur la base des distances euclidiennes opposant ces paires de voyelles ainsi que sur les variations des distances selon les différents contextes consonantiques et conditions prosodiques.

D'abord, les distances euclidiennes opposant les voyelles [i] et [y], [i] et [u] ainsi que [y] et [u], tous contextes consonantiques confondus, en condition neutre et en condition d'emphase sont présentées aux figures 5.4 et 5.5.

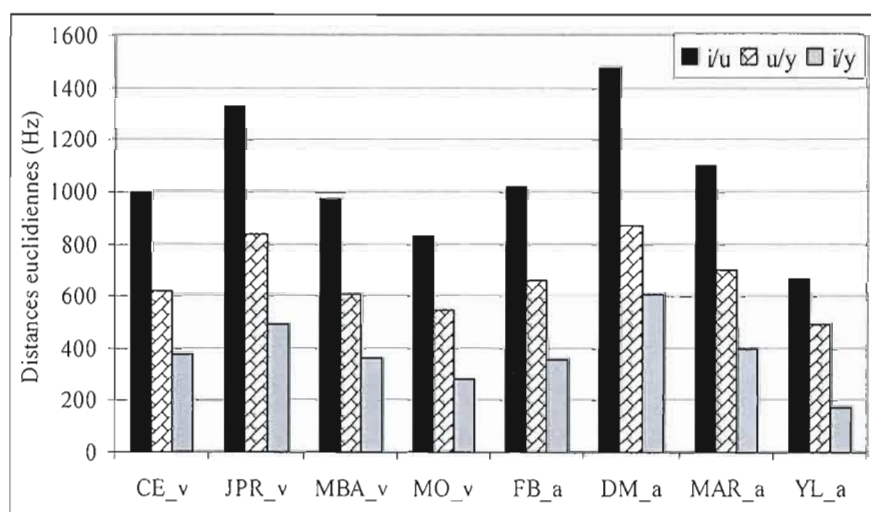


Figure 5.4 Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] en condition neutre pour tous les contextes consonantiques confondus.

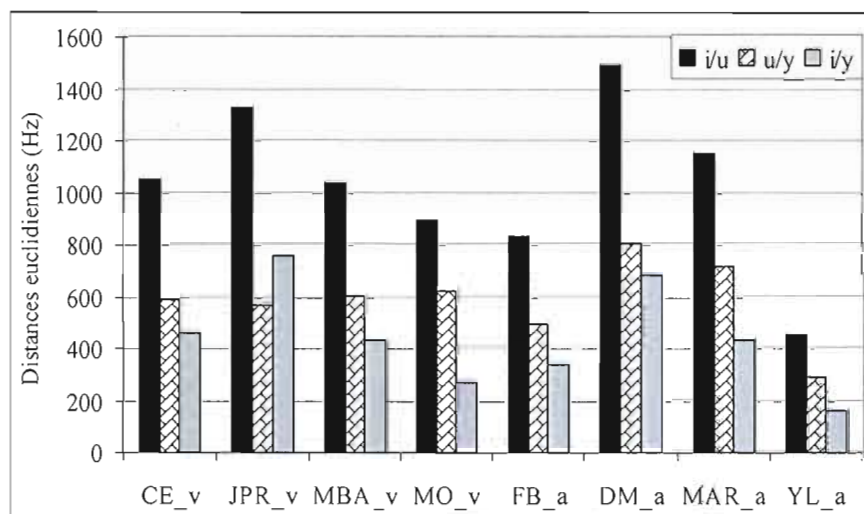


Figure 5.5 Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] en condition d'emphasis pour tous les contextes consonantiques confondus.

La distance euclidienne de la paire de voyelles [i u] définit la largeur supérieure de l'espace acoustique utilisé par les locuteurs. Globalement, cette distance s'avère plus petite chez les participants de sexe masculin, allant de paire avec la taille plus restreinte de leur AVS respectif. Dans cette condition, les locutrices aveugles et voyantes obtiennent sensiblement le même patron de distances euclidiennes, les valeurs étant assez similaires, quoiqu'une plus grande variabilité apparaisse pour la paire [i u]. Parmi le groupe de locuteurs de sexe masculin, seul YL_a présente des distances plus réduites entre les différentes paires de voyelles comparativement aux autres de son groupe, particulièrement celle opposant [i] de [y]. Toutefois, aucune tendance intergroupe particulière ne peut être rapportée.

En condition neutre, pour tous les locuteurs, la distance opposant [y u] était plus importante que celle opposant [i y], ce qui ne s'avère pas être le cas en condition d'emphasis. En effet, la locutrice voyante JPR_v est la seule à avoir opté pour une stratégie optimisant la distance entre [i] et [y] plutôt qu'entre [y] et [u] en condition d'emphasis. Aussi, de la condition neutre à la condition d'emphasis, pour la paire de voyelle [i u], tous les locuteurs, à

l'exception de YL_a et FB_a, ont augmenté la distance opposant ces deux voyelles. Rappelons que ces deux locuteurs étaient associés à une diminution importante de leur AVS respectif en condition d'emphase. En ce qui concerne les paires de voyelles [y u] et [i y], aucun particulier n'en ressort, si ce n'en est qu'un de variabilité quant à l'importance de leurs distances euclidiennes.

Le tableau suivant résume les distances euclidiennes de chaque paire de voyelles produite par les locuteurs voyants et aveugles ainsi que les pourcentages de variation d'une condition à l'autre, sans distinction du contexte consonantique.

Tableau 5.2
Comparaison des distances euclidiennes (en Hz) des paires de voyelles [i y], [i u] et [u y] selon la condition prosodique, et pourcentage (%) de variation de la condition neutre (N) à la condition d'emphase (E) pour chaque locuteur

		[i u]			[i y]			[u y]		
		N	E	%	N	E	%	N	E	%
Locutrices	CE_v	1002	< 1051	↑ 4,8	381	< 464	↑ 21,7	621	> 586	↓ -5,6
	JPR_v	1332	> 1327	↓ -0,3	494	< 760	↑ 54,0	838	> 567	↓ -32,3
	FB_a	1017	> 836	↓ -17,8	359	> 340	↓ -5,4	658	> 497	↓ -24,5
	DM_a	1480	< 1492	↑ 0,8	609	< 684	↑ 12,4	871	> 808	↓ -7,3
Locuteurs	MBA_v	970	< 1040	↑ 7,3	364	< 435	↑ 19,4	606	< 606	= 0
	MO_v	831	< 898	↑ 8,1	282	273	↓ -3,2	549	< 625	↑ 13,9
	MAR_a	1099	< 1151	↑ 4,7	397	< 431	↑ 8,4	702	< 721	↑ 2,7
	YL_a	669	> 453	↓ -32,3	176	> 160	↓ -9,2	493	> 294	↓ -40,4

Tandis que pour une grande partie des locuteurs, la stratégie en condition d'emphase s'avère être une diminution de la distance entre [u y] au profit d'une augmentation de la distance séparant les unités de la paire [i y], pour MO_v la stratégie est inverse. Toutefois pour FB_a, et YL_a, il y a une diminution de la distance entre les voyelles de ces deux paires, et pour MAR_a, une augmentation. Ainsi, aucune tendance particulière selon le degré de

cécité n'émerge de ce tableau, tant chez les participants de sexe masculin que pour ceux de sexe féminin.

Les trois prochaines figures exposent les pourcentages de variations des distances euclidiennes opposant les mêmes trois paires de voyelles de la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque contexte consonantique. Pourront être mises en lumière les stratégies d'optimisation des contrastes en condition d'emphase, laquelle met en relief les traits articulatoires canoniques des segments produits, par hyperarticulation, pour chaque environnement consonantique.

La figure 5.6 présente les variations des distances euclidiennes opposant les trois paires de voyelles de la condition neutre à la condition d'emphase dans le contexte consonantique [b].

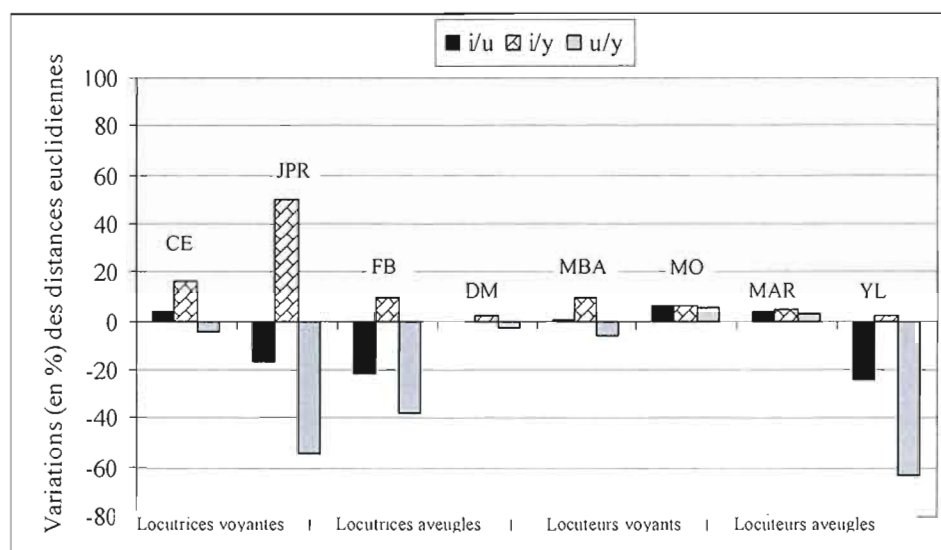


Figure 5.6 Variations (en pourcentage) des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphase dans le contexte consonantique [b].

En condition [b], tous les locuteurs démontrent une augmentation de la distance euclidienne séparant [i] de [y], ce qui a pour conséquence, en autres, de faire diminuer la

distance opposant [y] de [u]. Seuls les locuteurs MO_v et MAR_a sont associés, au contraire, à une légère augmentation de cette distance. Toutefois, en ce qui a trait à la paire de voyelle [i u], il y a présence d'une grande variabilité interlocuteur. Aussi, il est à noter que pour les locuteurs MO_v et MAR_a, toutes les distances euclidiennes augmentent de la condition neutre à la condition d'emphase.

Les variations des distances euclidiennes opposant les trois paires de voyelles de la condition neutre à la condition d'emphase dans le contexte consonantique [d] sont présentées à la figure 5.7.

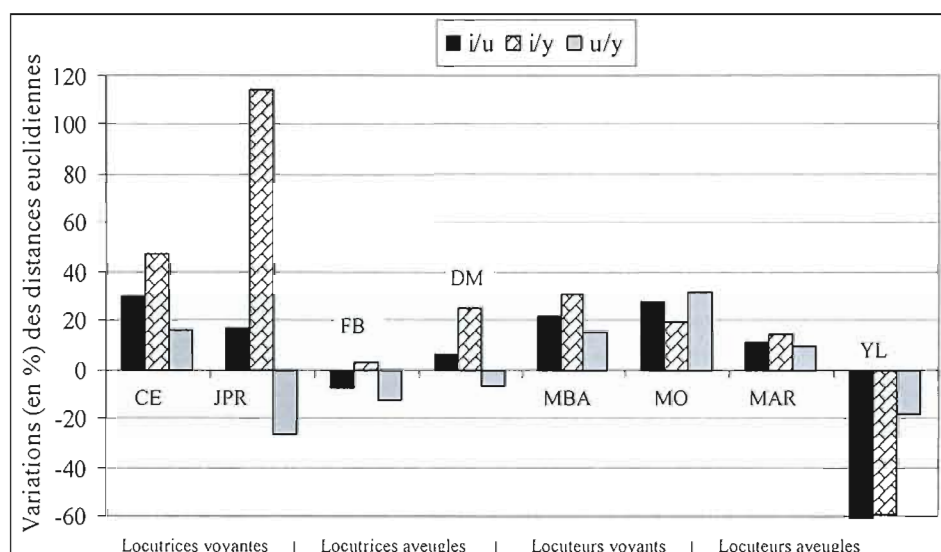


Figure 5.7 Variations (en pourcentage) des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphase dans le contexte consonantique [d].

Davantage de variabilité est retrouvée en ce qui concerne les variations des distances euclidiennes opposant les voyelles dans le contexte consonantique [d] de la condition neutre à la condition d'emphase. Toutefois, pour tous les locuteurs, à l'exception de YL_a, il y a une augmentation de la distance entre les voyelles [i] et [y] en condition d'emphase. Il est également à noter que cette variation est plus importante chez les locuteurs voyants, résultant

en une opposition plus grande entre ces voyelles chez ceux-ci. Aussi, seuls les locuteurs FB_a et YL_a démontrent une diminution des espaces séparant les voyelles [i] et [u] en condition d'emphasis, allant évidemment avec le rétrécissement de la taille de leur AVS respectif. En ce qui concerne la variation de la distance séparant les voyelles [y] et [u], un constat de variabilité s'impose. Globalement, c'est dans ce contexte consonantique que la variation est la plus importante.

Finalement, les variations des distances euclidiennes opposant les trois paires de voyelles de la condition neutre à la condition d'emphasis dans le contexte consonantique [g] sont illustrées à la figure 5.8.

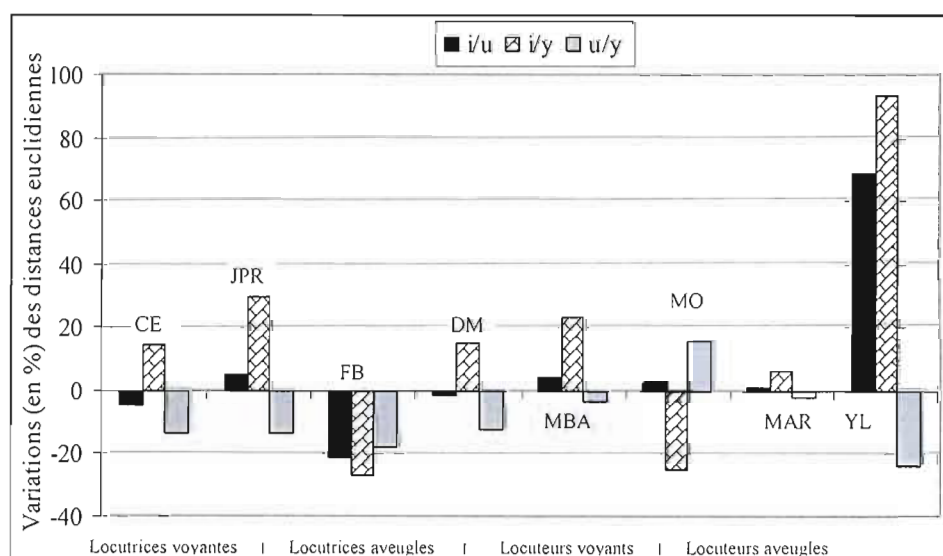


Figure 5.8 Variations (en pourcentage) des distances euclidiennes opposant les voyelles [i u], [i y] et [y u] de la condition neutre à la condition d'emphasis dans le contexte consonantique [g].

Dans le contexte [g], la distance euclidienne opposant les voyelles [i] et [y] ne subit pas une augmentation pour tous les locuteurs, comme c'était le cas pour les autres contextes consonantiques. Toutefois, pour YL_a, une énorme variation de la condition neutre à la condition d'emphasis apparaît pour cette paire de voyelle, augmentant considérablement la

distance euclidienne les opposant. Aussi, à l'exception de MO_v, la distance entre les voyelles [u] et [y] diminue.

5.3 Corrélations articulatoire-acoustiques

Le fait d'avoir étudié les productions vocaliques d'un point de vue articulatoire et d'un point de vue acoustique permet de déterminer, par la suite, dans quelle mesure les paramètres articulatoires peuvent refléter les valeurs acoustiques, et donc à quel point ces deux types de mesures peuvent être reliés pour chacun des groupes de locuteurs. N'ayant pas un nombre suffisant de sujets, nous ne pouvons effectuer cette analyse sur la base des distances euclidiennes acoustiques et articulatoires. Ainsi, nous avons corrélé le paramètre articulatoire de protrusion aux valeurs acoustiques de F2 et F3. En sachant d'une part, que la création de la cavité labiale, par le mouvement de protrusion, a pour conséquence de faire diminuer la valeur de F2, et d'autre part, que le paramètre acoustique de F3 distingue les voyelles [i] et [y], ces corrélations permettront de mettre en relief dans quelle mesure les valeurs acoustiques reflètent les différentes configurations articulatoires adoptées par les deux groupes de locuteurs dans la production de ces deux voyelles. Cette opposition vocalique est particulièrement intéressante à étudier étant donné que seul le mouvement de protrusion distingue les voyelles [i] et [y]. Les figures 5.9 à 5.16 illustrent les corrélations des valeurs acoustiques de F2 et F3, et les valeurs de protrusion des voyelles [i] et [y] pour les locuteurs voyants et les locuteurs aveugles, sans distinction de la condition prosodique. Une droite de régression linéaire a été tracée afin d'évaluer l'importance de la corrélation entre articulatoire et acoustique.

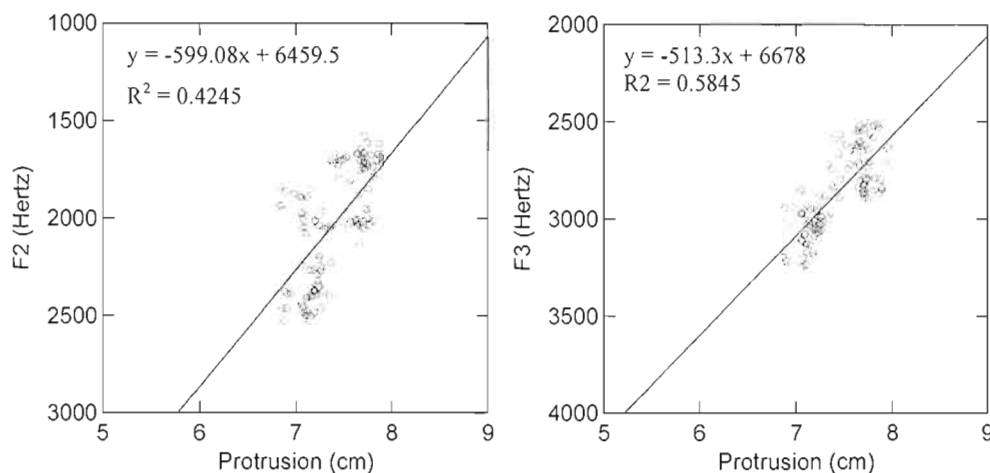


Figure 5.9 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus, pour la locutrice voyante CE_v. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

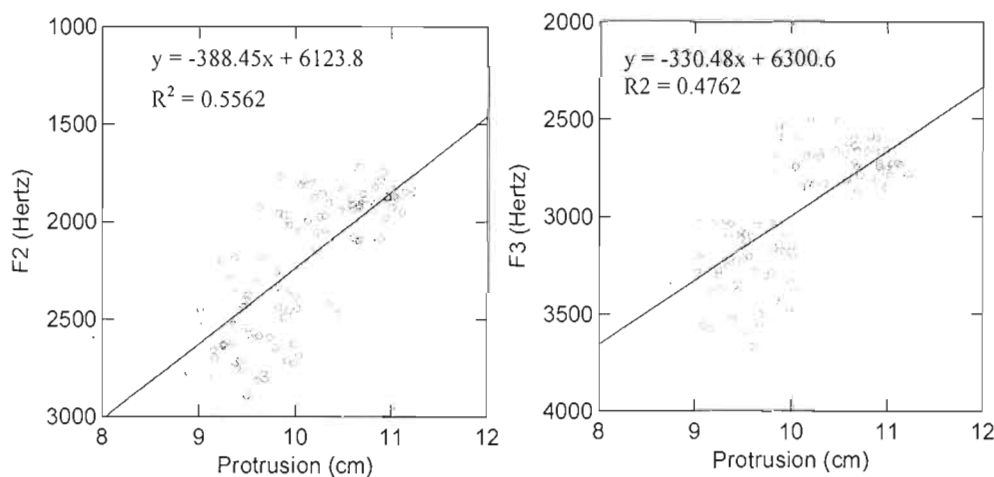


Figure 5.10 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour la locutrice voyante JPR_v. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

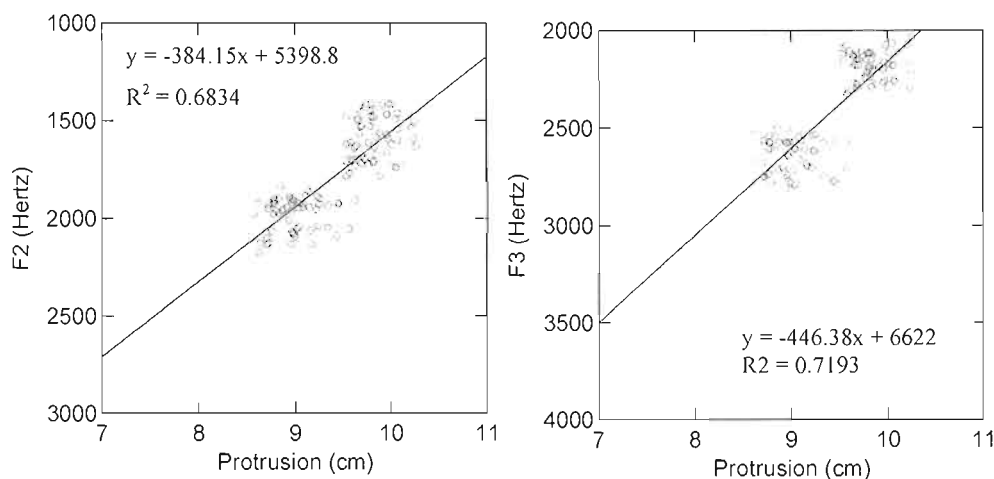


Figure 5.11 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour le locuteur voyant MBA_v. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

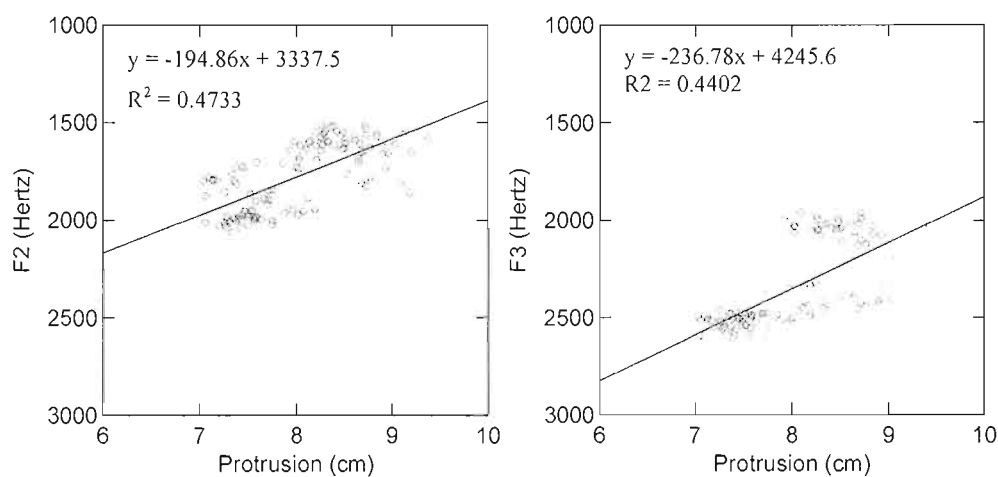


Figure 5.12 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour le locuteur voyant MO_v. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

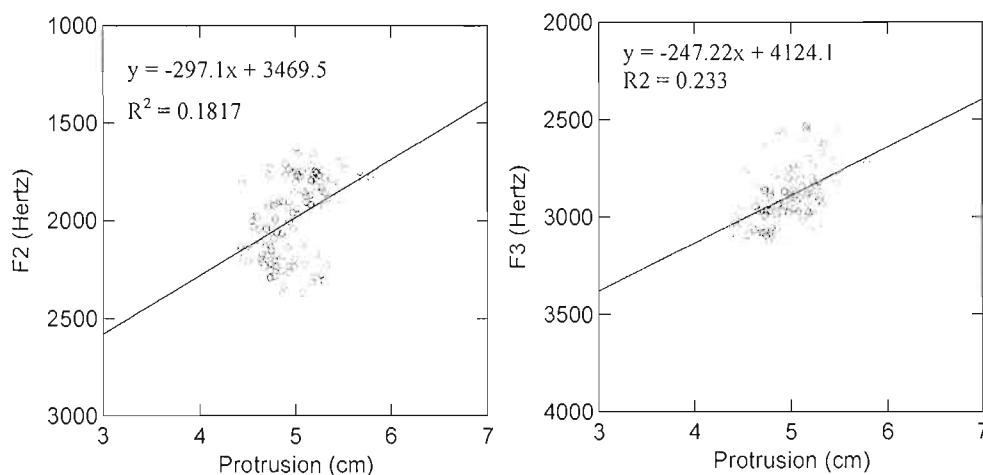


Figure 5.13 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour la locutrice aveugle FB_a. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

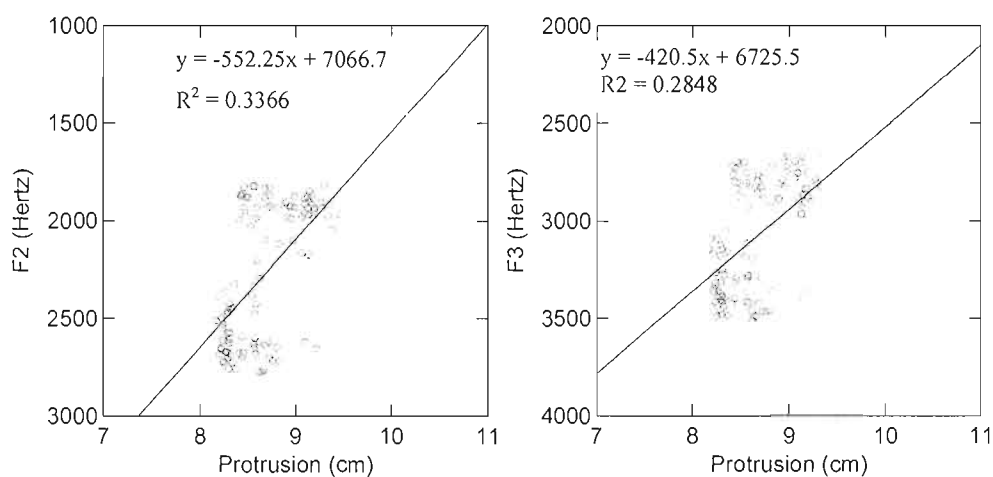


Figure 5.14 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour la locutrice aveugle DM_a. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

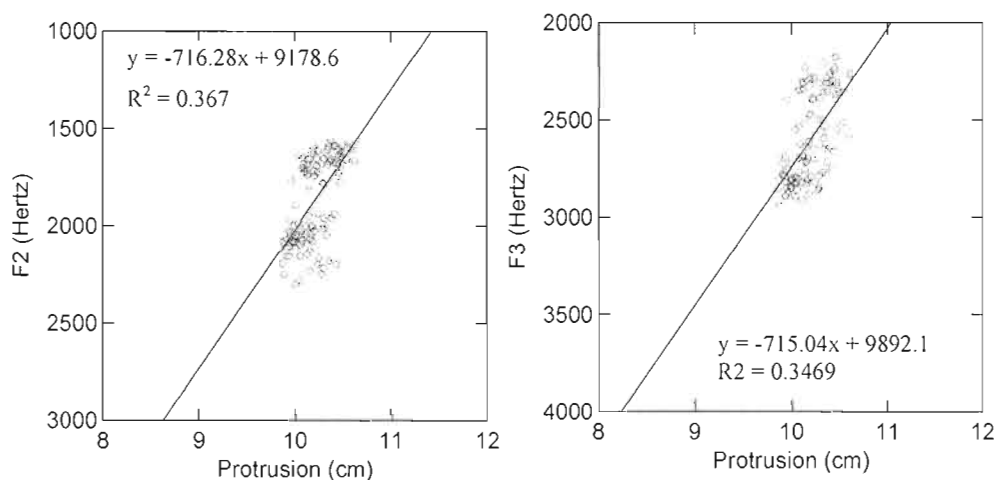


Figure 5.15 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour le locuteur aveugle MAR_a. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

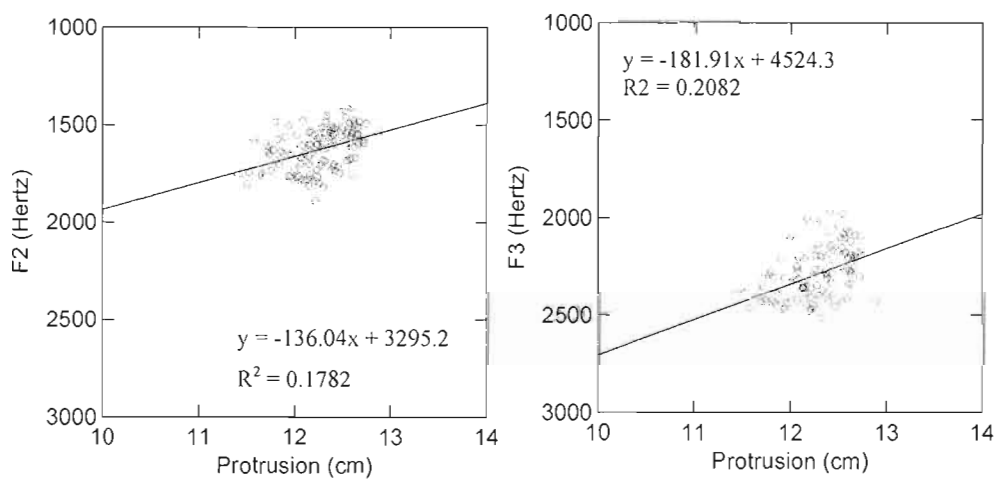


Figure 5.16 Corrélations de F2 et de F3 (en Hertz) avec le mouvement de protrusion (en cm) pour les voyelles [i] et [y], tous contextes consonantiques et conditions confondus pour le locuteur aveugle YL_a. Le coefficient de corrélation R^2 est indiqué à l'intérieur de la figure.

En somme, les figures 5.9 à 5.16 rapportent des corrélations articulatoire-acoustiques plus fortes pour les locuteurs voyants que les locuteurs aveugles, et ce pour les paramètres acoustiques F2 et F3. Les coefficients de corrélation du paramètre de F2 avec le mouvement de protrusion varient entre 0,4245 et 0,6834 pour les voyants et entre 0,1817 et 0,367 pour les aveugles. Pour le paramètre acoustique de F3, le patron est similaire, les coefficients de corrélations variant de 0,4402 à 0,7193 pour les voyants et de 0,2082 à 0,3469 pour les aveugles. Il semble donc que les différences acoustiques et articulatoires entre les voyelles [i] et [y] soient plus fortement corrélées chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles. Nous sommes donc porté à croire qu'un autre paramètre articulatoire, tel la dynamique linguale, serait à la source de la différence acoustique entre [i] et [y] retrouvée chez les locuteurs aveugles. Nous reviendrons sur ce sujet lors de la discussion présentée au prochain chapitre.

5.4 Conclusion

À l'issue de l'analyse acoustique des voyelles produites par les deux groupes de locuteurs, nous arrivons à un constat de variabilité, laquelle se retrouve entre les individus de même sexe, mais aussi entre les locuteurs masculins et féminins. Ainsi, aucune différence significative n'a été rapportée entre les productions des locuteurs aveugles et des locuteurs voyants ; la taille de leur AVS, les distances euclidiennes, ainsi que leur variation de la condition neutre à la condition d'emphase ne permet de conclure à aucune distinction particulière ou de tendance intergroupe spécifique. En somme, nous ne pouvons conclure que les différences au point de vue articulatoire notées au chapitre précédent quant à la dynamique labiale de protrusion se traduit par des conséquences acoustiques distinctes.

QUATRIÈME PARTIE

DISCUSSION ET REMARQUES CONCLUSIVES

CHAPITRE VI

DISCUSSION

L'objectif principal de ce mémoire consistait à caractériser la dynamique labiale, en termes d'aire aux lèvres et de protrusion, des voyelles arrondies [u y] et des voyelles non arrondies [a i] produites par des locuteurs voyants et non voyants. L'analyse des résultats articulatoires et acoustiques permet donc de cibler à quel point l'absence de perception des indices véhiculés par le canal visuel, à savoir le mouvement des lèvres et de la mâchoire, peut avoir un impact sur les stratégies articulatoires utilisées dans la production de ce contraste vocalique. Ce chapitre propose des discussions relatives à ces résultats à la lumière de différents thèmes abordés au cours de la présentation des notions théoriques.

6.1 Stratégies articulatoires

La dynamique labiale de protrusion a été caractérisée par l'ampleur du mouvement des lèvres relevant de la différence entre les valeurs minimales (retrouvées dans les voyelles [i] et [a]) et les valeurs maximales (retrouvées dans les voyelles [u] et [y]). Globalement, la dynamique labiale de protrusion s'est avérée significativement plus importante chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles et ce, tant en condition d'emphase qu'en condition neutre. Ce constat s'applique à tous les contextes consonantiques, à l'exception de [b], pour lequel les valeurs de protrusion des unités vocaliques en condition neutre ne se sont pas avérées significativement distinctes entre les voyants et les aveugles. En somme, les locuteurs aveugles utilisent dans une moindre mesure le mouvement de protrusion labiale dans la production des voyelles arrondies comparativement aux locuteurs voyants.

En ce qui concerne le paramètre d'aire aux lèvres, il nous renseigne sur l'ouverture globale des lèvres, sans toutefois fournir d'information précise sur la hauteur de la voyelle. Pour tous les locuteurs, l'aire aux lèvres s'est avérée plus restreinte pour les voyelles arrondies que pour les voyelles non arrondies, allant de pair avec le fait que ces dernières sont, par convention, produites les lèvres écartées, tandis que les voyelles arrondies nécessitent une projection et un arrondissement des lèvres, brimant toute ouverture interlabiale. Pour les voyelles non arrondies, les comportements d'aire aux lèvres ont été plutôt similaires entre les deux groupes de locuteurs, les mesures n'ayant pas été significativement différentes, quoique les locuteurs voyants aient présenté des valeurs négligemment plus élevées. En effet, seuls ces derniers obtiennent des résultats d'aire aux lèvres pour les voyelles [i] et [a] similaires à ceux retrouvés dans l'étude de Robert-Ribès et al. (1998). Le tableau 6.1 compare les résultats d'aire aux lèvres que nous avons obtenus pour les deux populations à ceux de Robert-Ribès et al. (1998), lesquels sont approximatifs étant donné que nous avons interpolé les mesures d'aire à partir de la figure présentée en 6.1.

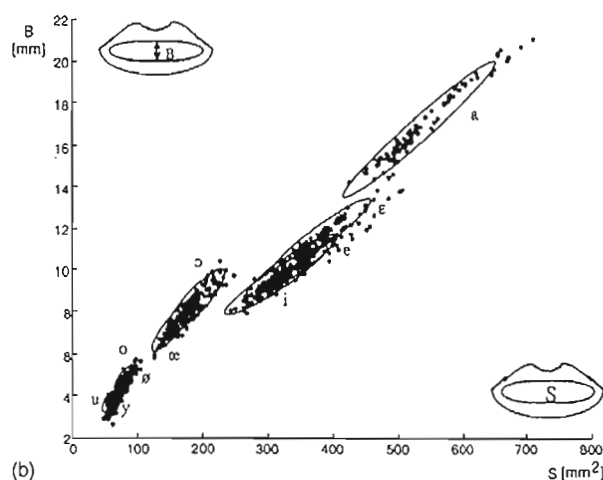


Figure 6.1 Représentation des stimuli visuels sur le plan B/S (B= hauteur interlabiale et S=aire aux lèvres) (tirée de Robert-Ribès et al., 1998).

Tableau 6.1
 Comparaison des mesures d'aire aux lèvres (en cm) de la production des voyelles
 [a] et [i] par le locuteur de l'étude de Robert-Ribès et al. (1998) et les locuteurs
 voyants et aveugles de la présente étude

	[a]		[i]	
	Emphase	Neutre	Emphase	Neutre
Voyant R.-R. (1998)	~ 4.20 à 6.50		~ 2.40 à 3.80	
Voyants	5.03	3.75	3.07	2.01
Aveugles	3.67	2.97	2.08	1.56

Globalement, en condition d'emphase, il semble que le groupe de voyants ait un comportement d'aire aux lèvres qui se rapproche davantage de celui du locuteur de l'étude de Robert-Ribès et al. (1998), les valeurs étant légèrement inférieures chez le groupe d'aveugles. Or, en condition neutre, tous les locuteurs de notre étude produisent une aire aux lèvres moins importante. Dans le cadre de l'étude de Robert-Ribès et al. (1998), un seul locuteur a produit ces voyelles de façon soutenue et isolée, ce qui explique peut-être la différence plus marquée avec nos locuteurs pour les voyelles produites en condition neutre. Le corpus de notre étude prenant en compte un environnement consonantique, le jeu de la coarticulation a peut-être affecté l'importance de l'ouverture labiale lors de la production des voyelles.

En somme, l'analyse articulatoire des productions vocaliques a révélé que les locuteurs aveugles effectuent un mouvement de protrusion moins important que les locuteurs voyants dans la production des voyelles arrondies [u] et [y]. Ce constat a également été appuyé par les analyses discriminantes menées sur les mesures articulatoires, lesquelles proposent que pour les locuteurs aveugles, le paramètre de protrusion est largement moins discriminant que celui d'aire aux lèvres, tandis que pour les locuteurs voyants, les deux paramètres contribuent à la distinction vocalique basée sur le trait binaire arrondi/non arrondi. La dynamique labiale s'est donc avérée affectée par la variable « degré de vision ».

Nos résultats rejoignent ceux de Göllesz (1972), quoique la population étudiée par cet auteur ait été des adolescents n'ayant pas tout à fait atteint une maturité articulatoire, laquelle est estimée à 20 ans pour certaines structures anatomiques selon Goldstein (1980). En effet, Göllesz (1972) avait rapporté une dynamique labiale moins importante chez des adolescents

aveugles locuteurs du hongrois. Cette différence articulatoire entre les aveugles et les voyants ne se traduisait pas par une distinction des propriétés acoustiques de leurs productions, ce qui rejoint également nos résultats. De fait, le constat auquel nous sommes arrivés aux termes de l'analyse acoustique en est un de variabilité, laquelle se retrouve entre les individus de même sexe, mais aussi entre les locuteurs masculins et féminins. Aucune différence significative n'a été rapportée entre les productions des locuteurs aveugles et voyants quant aux tailles des AVS et des distances euclidiennes. Donc, les caractéristiques acoustiques des productions vocaliques des aveugles ne se sont pas avérées divergentes, constat qui avait également été rapporté par Dupont (2006). Mills (1987) avait aussi suggéré que même si l'information visuelle est importante dans le développement de la phonologie, elle n'est pas cruciale à long terme, ce qui s'avère être exact dans le cadre de cette étude.

En lien avec la Théorie du contrôle moteur de la parole par buts auditifs de Perkell et al. (1995 ; 1997 ; 2000), il semble que les locuteurs aveugles possèdent des modèles internes robustes spécifiant la relation entre les configurations du conduit vocal et les conséquences acoustiques qui leur sont associées. Dans la mesure où les mécanismes de contrôle articulatoire sont basés sur des buts auditifs, ils ont pu définir des cibles acoustiques précises, tel que c'est le cas pour les locuteurs voyants. Cependant, il semble que les mouvements articulatoires de la parole, lesquels seraient programmés dans le système nerveux central dans le but d'atteindre ces cibles acoustiques, soient différents entre les locuteurs aveugles et voyants en ce qui concerne, entre autres, la dynamique labiale. La prochaine section propose une discussion sur ces relations articulatoire-acoustiques.

6.2 Relations articulatoire-acoustiques : constat de variabilité

D'abord, en ce qui concerne la production des voyelles non arrondies, soit [i] et [a], les paramètres articulatoires et acoustiques n'ont démontré aucune différence significative entre les deux populations, quoique les locuteurs voyants aient présenté une aire aux lèvres légèrement plus grande. Ce mouvement labial plus restreint dans la production de la voyelle [i] chez les locuteurs aveugles est toutefois une configuration articulatoire possible, tel que proposé par Boë et al. (2000). De fait, dans le cadre de leur étude, Boë et al. (2000) ont dressé

une typologie des sosies vocaliques à l'aide d'une procédure itérative modifiant les paramètres articulatoires du modèle articulatoire VLAM. Ils ont démontré que la voyelle [i] pouvait être produite en créant une plus ou moins grande aperture en compensant par un déplacement du corps de la langue. Toutefois, les auteurs ont rapporté une très grande stabilité articulatoire des lèvres et de la langue pour la voyelle [a], ce qui est en accord avec nos résultats étant donné que la différence intergroupe d'aire aux lèvres ne s'est pas avérée significative.

Quant aux voyelles arrondies [u] et [y], les locuteurs aveugles ont obtenu des résultats acoustiques similaires aux voyants, sans toutefois produire une protrusion labiale aussi importante. Boë et al. (2000) rapportent effectivement que ces voyelles possèdent des sosies vocaliques, lesquelles sont créés en modifiant le lieu d'articulation. Plus spécifiquement, la voyelle [y] peut être réalisée sans aucune protrusion des lèvres en compensant par un recul de la langue, contrairement à la position canonique connue. En fait, lorsque la cavité labiale n'est pas formée, par un manque de protrusion des lèvres, le recul de la langue permet d'obtenir une cavité orale plus grande, requise pour la voyelle [y]. Il s'agit probablement de la stratégie articulatoire choisie par les locuteurs non voyants dans la production des voyelles arrondies. Tel qu'il a été rapporté au chapitre V, les corrélations entre le mouvement de protrusion et les valeurs acoustiques de F2 des voyelles [i] et [y] ont été plus fortes pour les productions des locuteurs voyants que pour celles des locuteurs aveugles, dénotant une différence quant aux relations articulatoire-acoustiques entre ces deux populations. Rappelons que la création de la cavité labiale est fortement corrélée à une diminution des valeurs du second formant. En somme, puisque l'analyse des paramètres acoustiques n'a pas démontré de différence intergroupe significative, mais que celle des paramètres articulatoires en a proposé une, nous sommes portés à croire que la dynamique linguale a joué un rôle de compensation important, tel que proposé par Boë et al. (2000).

Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons également utilisé le modèle VLAM, lequel comprend l'essentiel des commandes motrices relatives aux mouvements des lèvres, de la mâchoire, de la langue et du larynx. Nous avons simulé la production acoustique

des voyelles arrondies [y] et [u] sur le conduit vocal d'un homme de 21 ans, en modifiant d'une part le paramètre de *protrusion des lèvres* et d'autre part, les paramètres du *dos de la langue* et du *corps de la langue*, dans le but de recréer les dynamiques labiale et linguale retrouvées chez nos deux populations. D'abord, à partir de la position dite canonique des voyelles [y] et [u], laquelle nécessite une protrusion des lèvres, nous avons fait varier le paramètre de protrusion de façon à ce qu'elle soit nulle. Par la suite, nous avons tenté des manœuvres de compensation en postériorisant la masse linguale dans la cavité buccale afin d'obtenir des cibles acoustiques similaires à celles obtenues pour la position canonique de ces voyelles. Les paramètres *dos de la langue* et *corps de la langue* ont permis d'effectuer une compensation quasi optimale, tel que démontré par le tableau 6.2 et 6.3. La figure 6.2 illustre le sens de la variation acoustique lorsque tout mouvement de protrusion est supprimé.

Tableau 6.2

Prototype, variation du paramètre de protrusion (LipP) et compensation linguale du corps de la langue (Body) et du dos de la langue (Drsm) pour la voyelle [y].

Configurations	LipP	LipH	Jaw	Body	Drsm	Apex	Lx	F1	F2	F3
canonique	2.16	-0.93	-0.33	-2.42	0.39	-1.85	0.17	236	1756	2122
≠ protrusion	0	-0.93	-0.33	-2.42	0.39	-1.85	0.17	245	1957	2236
compensation	0	-0.93	-0.33	-2.13	0.79	-1.85	0.17	258	1794	2145

Tableau 6.3

Prototype, variation du paramètre de protrusion (LipP) et compensation linguale du corps de la langue (Body) et du dos de la langue (Drsm) pour la voyelle [u].

Configurations	LipP	LipH	Jaw	Body	Drsm	Apex	Lx	F1	F2	F3
canonique	2.7	-0.97	0.18	0.69	2.85	-1.81	-1.09	258	705	2002
≠ protrusion	0	-0.97	0.18	0.69	2.85	-1.81	-1.09	285	828	2003
compensation	0	-0.97	0.18	1.06	3.2	-1.81	-1.09	258	700	1982

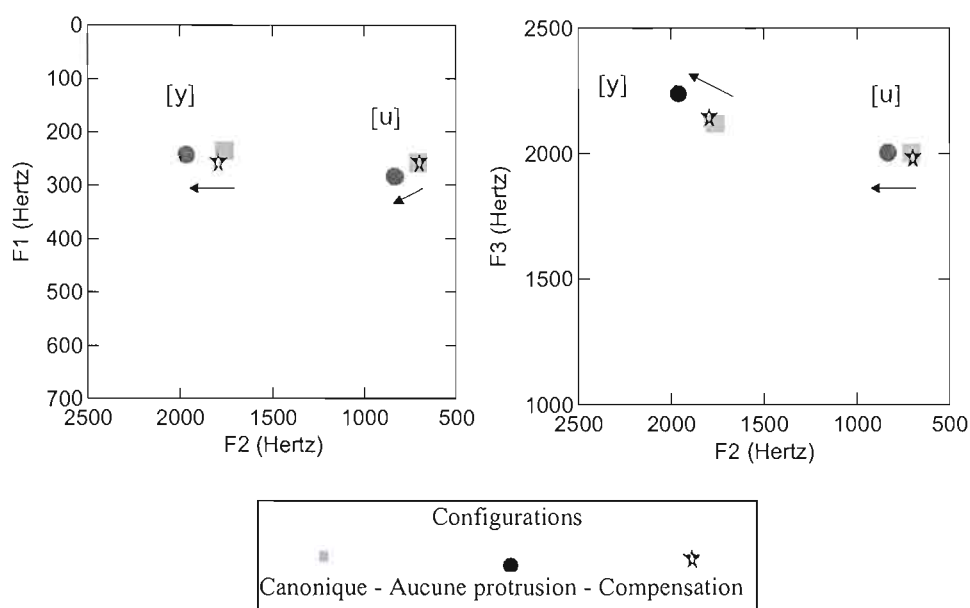


Figure 6.2 Effets acoustiques de la simulation articulatoire des voyelles [y] et [u] en position canonique, sans protrusion et après compensation linguale d'un locuteur adulte.

En somme, l'hypothèse d'une compensation linguale à la protrusion quasi nulle dans la production des locuteurs aveugles est tout à fait plausible. En supprimant toute protrusion des lèvres, la cavité avant du conduit vocal est plus courte. Alors en reculant le corps et en élevant le dos de la langue, les locuteurs aveugles sont en mesure d'allonger cette cavité afin d'obtenir une cible acoustique similaire à celle des locuteurs voyants, cible qui est habituellement obtenue par une configuration articulatoire dont les lèvres sont protrues. C'est ce qui expliquerait la divergence des distances euclidiennes du mouvement labial et la similarité des distances euclidiennes acoustiques entre les productions des locuteurs aveugles et voyants pour les voyelles arrondies. La figure 6.3 illustre ce mouvement de compensation dans la production de la voyelle [y] ainsi que les affiliations formants-cavités à l'aide des tubes de résonance.

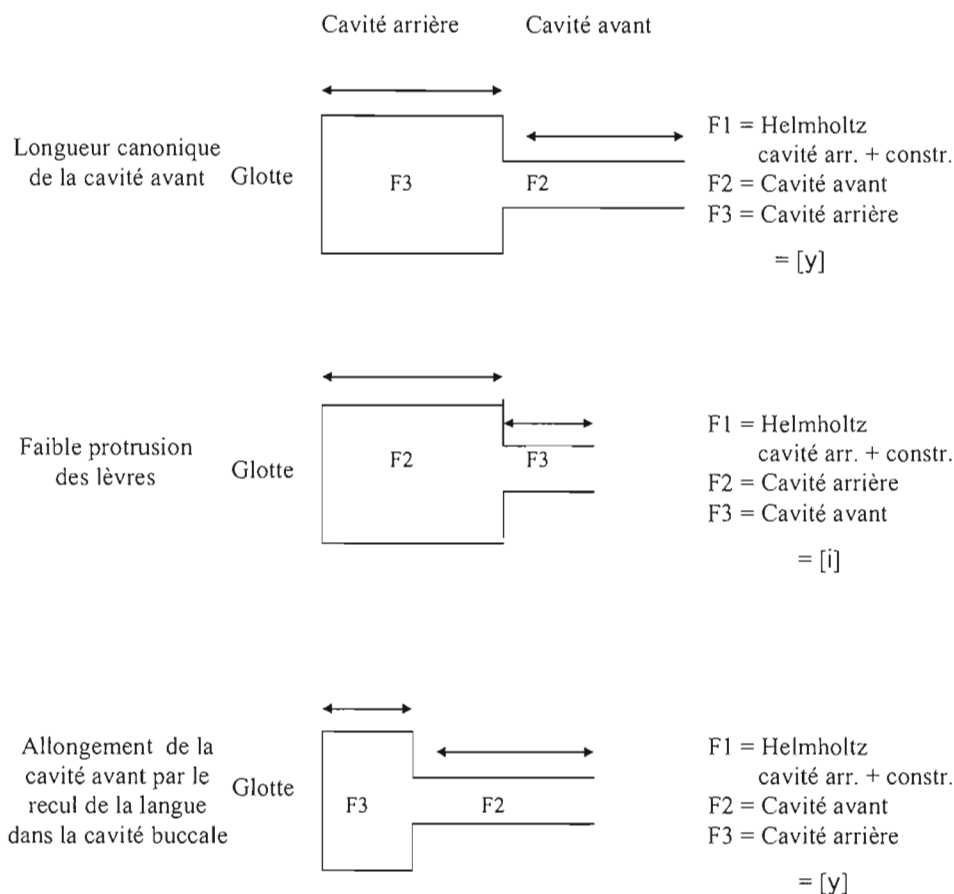


Figure 6.3 Schématisation par tubes de résonance de la compensation articulatoire d'une faible protrusion labiale dans la production de la voyelle [y].

La configuration articulatoire canonique de la voyelle [y] implique une position antérieure et haute de la langue dans la cavité buccale ainsi qu'un mouvement de protrusion des lèvres, le trait d'arrondissement étant le seul distinguant cette voyelle du [i]. La valeur de F1 de ces deux voyelles étant affiliée au résonateur Helmholtz, ce paramètre acoustique ne permet pas de les distinguer. Pour la voyelle [y], la cavité avant est affiliée à F2 et la cavité arrière à F3. Or, lorsque le mouvement de protrusion n'est pas effectué, les affiliations formants-cavités sont modifiées, de telle sorte que F2 est affilié à la cavité arrière et F3 à la

cavité avant, résultant en la voyelle non arrondie [i]. En reculant la masse de la langue dans la cavité buccale, la cavité avant s'allonge de telle sorte que F2, affilié à la cavité avant, diminue, et que F3, affilié à la cavité arrière, diminue également. La manœuvre de recul de la langue entraîne vraisemblablement une diminution de longueur de la cavité arrière et une augmentation de F3, mais il est plus que probable que cette manœuvre soit compensée par une descente du larynx, entraînant une diminution de F3.

6.3 Apport de la condition prosodique d'emphase

Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé le phénomène d'emphase contrastive dans le but de créer un environnement propice à la production des traits articulatoires canoniques des segments, donc une condition où les gestes articulatoires seraient maximaux. De Jong (1993) propose, en effet, que la production d'unités linguistiques sous emphase contrastive amène le locuteur à une plus grande distinctivité des segments plutôt qu'à une économie de l'effort, principes sous-tendant la parole normale. La réduction de la coarticulation, dénotée par l'augmentation de l'espace acoustique et/ou articulatoire utilisé, appuierait ce modèle d'*Hyper-hypoarticulation*.

Toutefois, les patrons articulatoires associés aux locuteurs voyants et aux locuteurs aveugles diffèrent quant à la production des segments sous emphase. En effet, les analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les conditions prosodiques pour le groupe de voyants, mais non pour le groupe d'aveugles. Il semble donc que ces derniers n'aient pas produit de gestes de protrusion labiale plus amples en condition d'emphase, comme c'est le cas pour les locuteurs normaux voyants. Parmi le groupe de locuteurs aveugles, FB_a et YL_a ont même démontré une dynamique labiale de protrusion moins importante en condition d'emphase comparativement à la condition neutre.

Aussi, tous les locuteurs, sans exception, ont démontré une aire aux lèvres plus importante en condition d'emphase comparativement à la condition neutre. Toutefois, cette différence s'est avérée significative chez les locuteurs voyants, mais non chez les locuteurs aveugles pour les voyelles [a] et [i].

En somme, seuls les locuteurs voyants ont utilisé des stratégies articulatoires pour marquer l'emphase, soit une augmentation de l'aire aux lèvres et de la protrusion, ce qui est en lien avec certaines recherches précédentes. De fait, Ménard et al. (2006), en considérant les valeurs d'aire aux lèvres et de vélocité, suggèrent que les locuteurs adultes du français contrastent les syllabes en condition d'emphase et en neutre sur le continuum de la dimension articulatoire d'aire aux lèvres, par hyperarticulation. Le patron articulatoire effectué par les locuteurs voyants supportent la théorie de Hyper-Hypoarticulation de De Jong (1993), dans la mesure où les mouvements labiaux ont été plus importants en condition d'emphase. D'un autre côté, les locuteurs aveugles n'ont modifié aucun des paramètres labiaux, ce qui a résulté en des comportements articulatoires similaires entre les deux conditions prosodiques. Nous pouvons donc poser la question à savoir s'ils effectuent une production déjà hyperarticulée, supprimant toute différence entre les deux conditions prosodiques. Nous sommes portés à répondre par l'affirmative à la lumière du faible niveau de coarticulation retrouvé chez ce groupe. En effet, tel que présenté au chapitre IV, les distances euclidiennes articulatoires opposant les différents contextes consonantiques ont démontré une coarticulation labiale beaucoup plus importante chez les locuteurs voyants. Ce constat a également été supporté par les analyses statistiques, lesquelles ont révélé un effet significatif de l'interaction entre les variables « consonnes » et « groupes » autant pour les mesures d'aire aux lèvres que de protrusion. Les comparaisons planifiées sur les mesures d'aires aux lèvres relatives à ces deux variables sont présentées de nouveau au tableau 6.4.

Tableau 6.4
Comparaisons planifiées entre les différents contextes consonantiques pour chaque groupe de locuteurs, sans distinction de la condition prosodique
(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Comparaisons	F (1,6)	p
Voyants	b/d	22,82	**
	b/g	58,65	***
	d/g	44,16	***
Aveugles	b/d	0,99	
	b/g	5,62	
	d/g	8,69	*

On note donc que le continuum hyper-hypoarticulation est mieux exploité par les voyants. Ce patron suggère un meilleur contrôle du complexe articulatoire labio-mandibulaire. Cependant, il serait intéressant de poursuivre l'analyse de la parole hyper-hypoarticulée en ce qui concerne l'articulateur lingual.

6.4 Théories de la perception de la parole

Le chapitre I ayant porté sur les mécanismes de production et de perception de la parole, les principes sous-tendant les trois principaux courants des théories perceptives ont été dépeints. Ces théories se distinguent notamment sur la base de la source invariante permettant de traiter et de percevoir la parole. En fait, les points de vue sur l'invariance sont fort nombreux et diversifiés selon que l'invariant se trouve dans le signal acoustique, dans les trajectoires articulatoires ou dans l'interaction entre le locuteur et l'auditeur. Cette recherche de l'invariant permet d'expliquer la variabilité présente dans la parole. Nous proposons ici une discussion relative à ces théories, à la lumière de l'analyse acoustique et articulatoire des productions des deux populations.

D'après les tenants des théories motrices, la perception de la parole impliquerait un ensemble de processus permettant de récupérer les mouvements articulatoires à l'origine du signal sonore (Liberman et Mattingly, 1985 ; Fowler, 1986 ; 1996). Si tel était le cas, il serait difficile de percevoir et de comprendre clairement les locuteurs aveugles. En fait, puisque ces derniers ne produisent pas les configurations labiales canoniques, en exhibant une dynamique de protrusion moins importante, la récupération des mouvements articulatoires à la base du signal acoustique serait erronée pour le locuteur voyant et entendant. Si, pour les théories motrices, l'invariant se situe au niveau des gestes articulatoires, la variabilité articulatoire retrouvée entre les productions des locuteurs aveugles et les locuteurs voyants ne peut être expliquée. En fait, les gestes articulatoires doivent être stables d'un locuteur à l'autre pour qu'ils constituent l'invariant, cependant nous avons clairement démontré que différentes stratégies articulatoires pouvaient mener à la même conséquence acoustique.

D'un autre côté, les théories auditives proposent une invariance acoustique dans le signal de parole correspondant aux traits phonétiques des langues naturelles (Blumstein,

1986 ; Blumstein et Stevens, 1979 ; Stevens, 1989). L'hypothèse selon laquelle le signal de parole est hautement structuré dans le sens qu'il contient des patrons d'invariants acoustiques pour les traits phonétiques s'avère appuyée par nos résultats. En fait, lorsque les structures articulatoires réalisent une configuration particulière, les cavités acoustiques formées par ces structures ont certaines fréquences ou formants naturels permettant d'identifier les sons. Il semble donc, à la lumière de nos résultats, que les modèles internes des locuteurs sont guidés par des buts de nature acoustique, lesquels peuvent être atteints en modifiant, dans une certaine mesure, les paramètres articulatoires.

La théorie de la perception pour le contrôle de l'action (PACT) de Schwartz et al. (2001) permet elle aussi d'expliquer certains de nos résultats. Leur cadre repose sur l'interaction entre la perception (en tant qu'auditeur) et le contrôle de l'action (en tant que locuteur), en relation avec la phonologie (production de phonèmes). Ce que nous retenons plus particulièrement de cette théorie est le fait que la perception de la parole soit considérée d'un point de vue multimodal, c'est-à-dire que l'auditeur utilise les informations acoustiques, visuelles et même tactiles dans le processus de perception. À partir de cette perception, il y aurait un calcul des événements temporels et de leurs caractéristiques spectrales, lesquels permettent, au niveau segmental, de récupérer et de spécifier le but des gestes articulatoires propres à chacun des sons de la parole. Ainsi, les locuteurs aveugles, n'ayant jamais eu accès aux indices articulatoires véhiculés par le canal visuel, ne peuvent reproduire cette dynamique labiale propre aux voyelles arrondies. Seules les informations auditives et tactiles ont pu être récupérées afin de spécifier les relations articulatoire-acoustiques propre à chaque voyelle. Or, la PACT, selon les principes qui la sous-tendent présentement, ne peut être confirmée par nos résultats. L'abandon de l'invariant propose justement trop de variabilité articulatoire et acoustique, enlevant en partie une certaine stabilité à la perception de la parole.

En somme, nos résultats proposent l'existence d'un invariant acoustique, sans toutefois ignorer le fait que les cibles acoustiques constituent la conséquence de configurations articulatoires particulières permettant de les atteindre, ces deux volets étant intimement reliés. En effet, les deux populations ont opté pour des stratégies articulatoires labiales différentes, lesquelles ont eu pour conséquence les mêmes cibles acoustiques. Ces

résultats peuvent être mis en lien avec la Théorie de la Dispersion-Focalisation de Schwartz et al. (1997), laquelle propose que la forme des systèmes vocaliques des langues du monde est régie par des contraintes de dispersion structurale basées sur les distances perceptives intervocaliques, et des contraintes de focalisation locales basées sur la saillance perceptive intravocalique, à savoir le regroupement de deux formants successifs autour d'un point focal qui caractérise la voyelle. Les distances euclidiennes acoustiques ont rapporté la présence d'une variabilité interlocuteur, sans toutefois distinguer les deux populations sur la base du degré de vision. Or, les distances euclidiennes articulatoires ont démontré un rapprochement intervocalique beaucoup plus important chez les locuteurs aveugles que chez les locuteurs voyants. Rappelons brièvement un cas typique d'un locuteur aveugle et d'un locuteur voyant, lesquels sont illustrés aux figures 6.4 et 6.5.

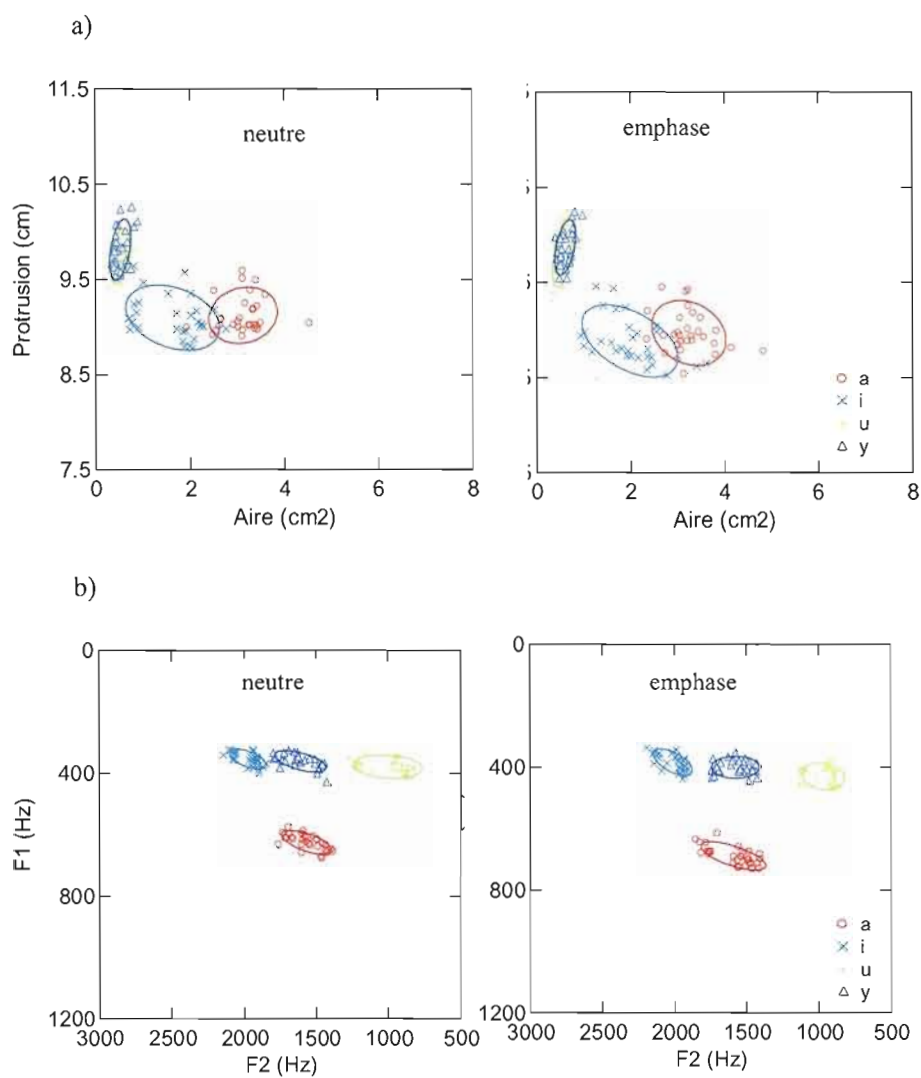


Figure 6.4 Espaces articulatoires labiaux et espaces acoustiques du locuteur voyant MBA_v selon la condition prosodique.

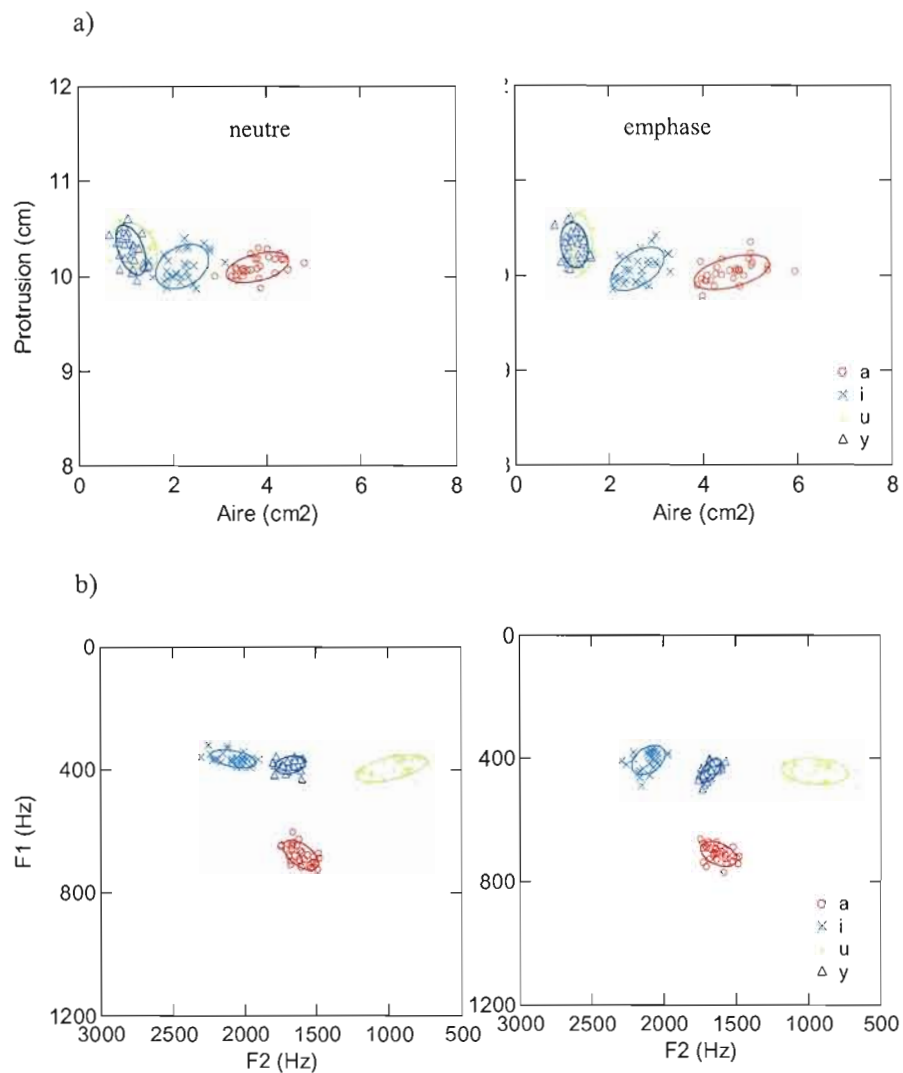


Figure 6.5 Espaces articulatoires labiaux et espaces acoustiques du locuteur aveugle MAR_v selon la condition prosodique.

Ces espaces articulatoires labiaux proposent en effet que la dispersion structurale ne peut être basée sur les paramètres articulatoires étant donné le rapprochement apparent entre les voyelles arrondies et non arrondies sur la base du trait d'arrondissement chez les locuteurs aveugles. Si tel était le cas, nous ne pourrions expliquer cette variabilité articulatoire retrouvée entre les locuteurs voyants et aveugles. Or, les distances euclidiennes opposant les

voyelles sur la base des valeurs formantiques démontrent une dispersion structurale intervocalique claire, malgré le fait que les stratégies articulatoires soient différentes. Les locuteurs aveugles et voyants tentent donc d'obtenir les mêmes cibles acoustiques, tout en utilisant des stratégies articulatoires différentes. Ainsi, s'il existe un invariant, nos résultats suggèrent fortement qu'il soit de nature acoustique.

La distinction intergroupe au niveau articulatoire est sans doute le fruit de la privation visuelle présente chez les locuteurs aveugles. La prochaine section propose une discussion du rôle de la vision dans le processus de parole.

6.5 La vision

Peu de chercheurs se sont penchés sur la question de l'impact de la privation sensorielle visuelle sur la production de la parole. À l'exception de la recherche de Göllesz (1972), aucune n'avait fourni, jusqu'à tout récemment, de description acoustique ou articulatoire des productions des aveugles. L'étude de Dupont (2006) a apporté une contribution originale à l'étude de la production de la parole chez les locuteurs adultes aveugles en démontrant que les propriétés acoustiques de leurs productions vocaliques sont comparables à celles des voyants. Or, aucune description articulatoire des mouvements linguaux et labiaux sous-tendant la parole n'a été effectuée auprès de cette population.

Nos résultats rapportent une distinction évidente entre la dynamique labiale des locuteurs voyants et aveugles, ces derniers effectuant des mouvements beaucoup plus restreints pour marquer la différence articulatoire arrondie versus non arrondie, quoique le paramètre d'aire aux lèvres entre les deux populations n'ait pas été significativement différent. Il n'est pas surprenant que le trait articulatoire d'arrondissement ait été le plus affecté dans la production vocalique des locuteurs aveugles puisque, selon l'échelle de robustesse des traits de Robert-Ribès et al. (1998), il est celui pour lequel la résistance au bruit est la plus forte, lui donnant le rang de plus robuste dans le canal visuel. Les aveugles n'ayant jamais eu accès aux indices véhiculés par le canal visuel, tel le mouvement des lèvres et de la mâchoire, ils n'ont jamais pu percevoir ces différences articulatoires distinguant certaines des voyelles. Lors de l'acquisition de la parole, le trait d'arrondissement n'a jamais

été déterminant dans la distinction des voyelles dites arrondies et non arrondies. En fait, les mécanismes de production et de perception étant intimement liés, le locuteur utilise les informations perceptives, tant auditives que visuelles et tactiles, pour contrôler ses articulateurs lors de la production. Les adultes non voyants, ayant atteint une maturité articulaire, font donc appel à des stratégies articulaires distinctes de celles utilisées par les voyants afin d'atteindre les mêmes buts acoustiques, étant donné qu'aucune information visuelle ne leur est fournie. Ainsi, comme nous avons émis l'hypothèse un peu plus tôt, les locuteurs aveugles compensent probablement par des mouvements linguaux différents dans le but d'atteindre les cibles acoustiques propres à chaque voyelle. Des analyses doivent cependant être effectuées afin de le confirmer. En somme, sans être une condition obligatoire à l'acquisition des contrastes phonémiques, la vision joue un rôle important dans les mécanismes de production et de perception de la parole.

CONCLUSION

Ce mémoire visait à étudier le rôle des indices visuels dans les mécanismes de production sous-tendant la parole chez l'adulte, plus particulièrement dans la réalisation de la distinction du trait binaire arrondi/non arrondi des unités vocaliques. D'une part, l'analyse de données articulatoires du mouvement des lèvres a permis de caractériser la dynamique labiale, en termes d'aire aux lèvres et de protrusion, dans la production des voyelles non arrondies [a i] et arrondies [u y], dans les environnements consonantiques [b], [d] et [g]. D'autre part, l'analyse de l'organisation acoustique de ces quatre voyelles a été effectuée dans le but de déterminer si les caractéristiques acoustiques des productions des locuteurs voyants et des locuteurs aveugles sont similaires, et également de vérifier dans quelle mesure les paramètres acoustiques pouvaient refléter les configurations labiales utilisées par chaque population. L'intégration de la condition prosodique d'emphase contrastive dans notre corpus a trouvé justification dans le fait qu'elle crée un environnement propice à la production des traits articulatoires canoniques des segments, donc une condition où les gestes articulatoires seraient maximaux.

La dynamique labiale de protrusion a été caractérisée par l'ampleur du mouvement des lèvres relevant de la différence entre les valeurs minimales et maximales de protrusion. L'ampleur de protrusion s'est avérée significativement plus importante chez les locuteurs voyants que chez les locuteurs aveugles et ce, tant en condition neutre qu'en condition d'emphase. Cette conclusion est juste pour les contextes consonantiques [d] et [g], mais non pour les mots contenant la consonne [b], pour lesquels les valeurs de protrusion des unités vocaliques en condition neutre ne se sont pas révélées significativement distinctes entre les voyants et les aveugles. Quant au paramètre d'aire aux lèvres, les comportements articulatoires ont été plutôt similaires entre les deux groupes de locuteurs, quoique les locuteurs voyants aient présenté des valeurs légèrement plus élevées. L'analyse des espaces

articulatoires labiaux et des distances euclidiennes ainsi que les analyses discriminantes ont permis de confirmer notre hypothèse générale selon laquelle les locuteurs non voyants allaient produire une dynamique labiale moins importante, cette dernière étant en partie la conséquence d'un mouvement de protrusion des lèvres plus restreint chez cette population. En effet, le paramètre de protrusion s'est révélé largement moins discriminant que celui d'aire aux lèvres pour distinguer les voyelles arrondies des non arrondies pour les locuteurs aveugles.

À l'issue de l'analyse acoustique des voyelles produites par les deux groupes de locuteurs, nous arrivons à un constat de variabilité, laquelle se retrouve entre les individus de même sexe, mais aussi entre les locuteurs masculins et féminins. Ainsi, aucune différence significative n'a été rapportée entre les productions des locuteurs aveugles et des locuteurs voyants ; la taille de leur AVS, les distances euclidiennes, ainsi que leur variation de la condition neutre à la condition d'emphase ne permet de conclure à aucune tendance intergroupe spécifique.

Dans le but de déterminer dans quelle mesure les paramètres articulatoires pouvaient refléter les valeurs acoustiques, des corrélations articulatoire-acoustiques prenant en compte le paramètre de protrusion des voyelles [i] et [y] et leurs valeurs formantiques F2 et F3 ont été menées. Celles-ci se sont avérées plus fortes chez les locuteurs voyants, spécifiant une relation davantage robuste entre la configuration articulatoire d'avancement des lèvres et la diminution du deuxième et du troisième formants. En somme, les différences articulatoires relatives aux mouvements labiaux dans la production des voyelles ne se sont pas traduites par des conséquences acoustiques distinctes, au contraire, aucune dissemblance n'a été retrouvée à ce niveau, proposant un invariant de nature acoustique. Afin de rendre compte de cette différence articulatoire, nous avons exposé l'hypothèse selon laquelle les locuteurs aveugles compensaient par une action de postériorisation linguale. En fait, lorsque la cavité labiale n'est pas formée, par un manque de protrusion, les affiliations formants-cavités sont modifiées. Or en reculant la masse de la langue, la cavité labiale s'allonge de sorte que F2 soit de nouveau affilié à la cavité avant et F3 à la cavité arrière. Cependant des analyses du mouvement de l'articulateur lingual doivent être menées afin de confirmer cette hypothèse.

En ce qui concerne l'apport de la condition d'emphase aux données articulatoires, les locuteurs voyants sont les seuls pour lesquels l'ampleur de la protrusion et de l'aire aux

lèvres s'est vue augmenter, témoignant d'une hyperarticulation lors de la production des unités sous focus. Les locuteurs aveugles, de leur côté, n'ont manifesté aucune différence significative en ce qui concerne les mouvements articulatoires entre les deux conditions prosodiques. En plus de ce constat, ces derniers ont démontré une faible coarticulation labiale à la lumière des distances euclidiennes articulatoires. Subséquemment, l'hypothèse selon laquelle ces derniers hyperarticuleraient en permanence a donc été proposée. D'autres analyses devront toutefois être menées afin de le confirmer.

En dépit du fait que le nombre restreint de participants constitue une limite notable à notre recherche, nous croyons avoir fourni un apport original aux efforts d'exploration des mécanismes de la parole dans une perspective multimodale, en démontrant l'apport de la vision dans le processus de parole. Sans être une condition nécessaire à l'acquisition des contrastes phonémiques, la vision joue un rôle important dans les mécanismes de perception et de production de la parole, lesquels sont fortement reliés. En effet, comme il a été rapporté au cours de ce mémoire, les locuteurs aveugles ont produit les contrastes vocaliques, au même titre que les locuteurs voyants, quoique les configurations articulatoires aient été distinctes, illustrant une habileté d'adaptation remarquable.

Notre procédure expérimentale comprenait au départ l'analyse de la dynamique linguale dans la production des voyelles, néanmoins ces données n'ont pu être dépouillées dans le cadre de ce mémoire. Nous renouvelons donc l'intérêt d'analyser ces mesures articulatoires dans le but de confirmer les hypothèses que nous avons formulées relativement aux configurations linguales. Il serait également intéressant d'étudier d'autres contrastes vocaliques basés sur le trait binaire arrondi/non arrondi, telles les paires de voyelles [e ø] ainsi que [ɛ œ], ce qui permettrait de préciser davantage la différence labiale reliée au trait d'arrondissement chez la population non voyante. Finalement, en plus d'agrandir le bassin de participants, il serait probablement prometteur d'étudier la dynamique linguale et labiale de jeunes enfants aveugles en processus d'acquisition de la parole, pour lesquels les modèles internes reliant les configurations articulatoires aux conséquences acoustiques sont en processus d'élaboration.

ANNEXES

APPENDICE A

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LE LIEN PERCEPTION-PRODUCTION DE LA PAROLE

Les études portant sur la relation entre la perception et la production de la parole ont employé une variété de paradigmes expérimentaux et de mesures. Toutefois, dans l'approche la plus commune, les expérimentateurs considèrent un groupe de sujets qui présentent différentes mesures relativement à la production et la perception de la parole et étudient la relation entre les deux types de mesures.

Par exemple, Fox (1982) a conduit une étude de perception auprès de seize auditeurs en utilisant des comparaisons dyadiques de neuf voyelles orales de l'anglais [i ɪ ε æ a ʌ o u] produites par six locuteurs dans l'environnement phonétique [hVd]. La tâche des auditeurs consistait à juger de la similarité des stimuli présentés sur une échelle graduée de 1 à 9. La production de ces neuf voyelles par ces mêmes locuteurs a été soumise à des analyses statistiques. Les deux parties de cette étude ont permis à Fox de déterminer s'il y avait présence de variations interindividuelles significatives dans la perception des voyelles et si tel était le cas, jusqu'à quel point ces différences au niveau de la perception pouvaient être corrélées à la production.

Les résultats expérimentaux démontrent des différences constantes dans la structure de la perception parmi les auditeurs relativement aux jugements de similarité des voyelles produites par les six locuteurs. En plus, les données ont montré un haut degré de corrélation entre les différences perceptuelles et les différences articulatoires (analysées en termes de mesures acoustiques) parmi les auditeurs. L'auteur propose cette conclusion sur la base des mesures acoustiques des voyelles cardinales. Le poids dimensionnel qui prédit le mieux le jugement de similarité entre voyelles d'un locuteur donné est corrélé aux valeurs de formants que ce locuteur produit pour les voyelles cardinales. Donc, les meilleurs prédicteurs de cette

saillance selon la dimension perceptuelle tendent à être ceux reliés à l'interprétation acoustique de cette dimension. Fox (1982) interprète ces résultats en suggérant un lien entre la perception et la production, lequel correspond à la référence d'un prototype internalisé au niveau du système perceptuel, qui serait identique à celui de la cible acoustico-articulatoire idéale de la production de la parole.

Bell-Berti et al. (1979) ont également conduit une étude dans le but de déterminer si les différents mécanismes utilisés dans la production de segments de la parole peuvent d'une certaine façon être reliées aux différentes propriétés ou stratégies employées dans la perception de ces mêmes segments. Dans une étude précédente, Raphaël et Bell-Berti (1975) ont démontré l'existence de deux stratégies articulatoires permettant de produire les contrastes d'aperture des voyelles antérieures [i ɪ e ɛ æ] de l'anglais. La description de la composante musculaire de ces stratégies a été dérivée de l'étude de l'activité du muscle génioglosse, lequel est principalement responsable de l'élévation de la langue. D'une part, les stratégies utilisées dans l'implémentation des voyelles de cette série vocalique consistent en la variation de la hauteur de la langue et en l'activation du muscle génioglosse et d'autre part, à faire varier des paramètres articulatoires distincts de sorte à faire diminuer progressivement l'activité du génioglosse et la hauteur de la langue. À partir de ces résultats, Bell-Berti et al. (1979) ont fait l'hypothèse que les locuteurs utilisant des stratégies articulatoires alternatives afin de produire les voyelles manifesteraient également l'utilisation de stratégies perceptuelles différentes.

À cette fin, ils ont mené une expérience de production de la parole auprès de dix locuteurs de l'anglais en collectant des données d'électromyographie (EMG) relatives à l'activité du muscle génioglosse dans la production de séquences [əpVp], où V était l'une des voyelles [i ɪ e ɛ]. Deux patrons articulatoires distincts ont été retrouvés dans cette collecte de données d'EMG, lesquels sont présentés à la figure A.1.

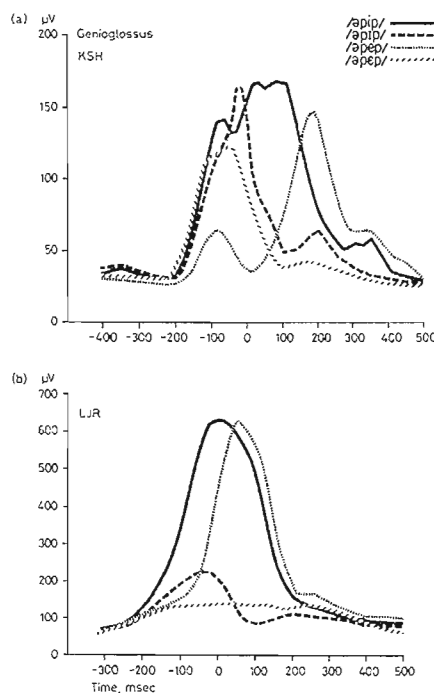


Figure A.1 Exemples des deux patrons d'activité musculaire du génioGLOSSe : (a) Diminution de l'activité du génioGLOSSe selon le continuum [i ɪ e ε], (b) Degré de contraction musculaire égal ou supérieur pour les voyelles tendues [i e], et beaucoup moins d'activité pour les voyelles relâchées [ɪ ε] (tirée de Bell-Berti, 1979, p.377).

Dans le patron (a), lequel a été utilisé par quatre des dix sujets, il y a diminution de l'activité du génioGLOSSe, correspondant à la description articulaire traditionnelle de la hauteur de la langue dans la cavité orale pour les voyelles antérieures [i ɪ e ε], tandis que dans le patron (b), utilisé par les autres sujets, il y a un degré de contraction musculaire égal ou supérieur pour les voyelles tendues [i e], et un degré d'activité considérablement moindre pour les deux voyelles relâchées [ɪ ε].

Dans le but de savoir si l'utilisation de différents mécanismes de production se reflète au niveau perceptif, à savoir si les locuteurs emploient également des stratégies perceptuelles

alternatives, les auteurs ont soumis un test de perception à ces mêmes dix locuteurs. Le test a été construit à partir d'un continuum de sept stimuli synthétisés allant de [i] à [I], dont les valeurs des trois premiers formants ont été modifiées, et la tâche des sujets était d'identifier la voyelle perçue. D'abord, les sujets étaient exposés à une condition contrôle dans laquelle dix répétitions de chaque stimulus leur ont été présentées. Ensuite, ils ont été soumis à une condition impliquant la présentation de 40 répétitions du [i] et de 10 répétitions des six autres stimuli.

Les résultats démontrent un grand degré de corrélation entre les stratégies de production utilisées et la performance à la tâche perceptive (figure A.2).

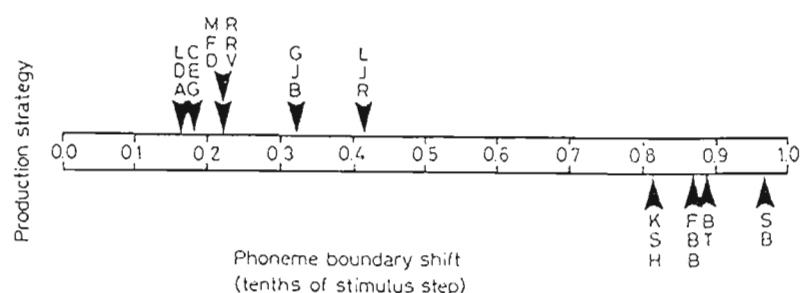


Figure A.2 Distribution du décalage de la frontière phonémique pour les dix sujets.

En fait, un effet d'ancrage relativement grand a été trouvé chez les quatre sujets produisant un patron d'activité musculaire qui est parallèle à l'ordre des voyelles dans le test perceptif (représentés à la droite de la figure A.2), tandis qu'un effet d'ancrage relativement faible a été trouvé chez les six autres sujets produisant un patron d'activité musculaire qui ne correspond pas à l'ordonnancement des voyelles dans le test de continuum, avec une diminution de l'activité du génio-glosse des voyelles [i] à [e] à [I] (représenté à la gauche de la figure A.2). Somme toute, ces données fournissent une démonstration directe de l'existence d'un mécanisme ou d'un processus commun qui sert de médiateur pour au moins quelques aspects de la production et de la perception des voyelles.

Finalement, nous présentons deux études de Perkell et al. (2003, 2004) poursuivant dans cette même lancée de travaux relatifs au lien entre la perception et la production de la parole. Plus spécifiquement, les auteurs ont tenté de démontrer que si les locuteurs présentent de fortes capacités de discrimination entre des stimuli vocaliques ayant de subtiles différences acoustiques, ils produiront des contrastes vocaliques plus grands que des locuteurs possédant de moins bonnes capacités à discriminer ces fins contrastes. Dans ce but, ils ont mené une étude auprès de 19 locuteurs natifs de l'anglais américain en procédant à des enregistrements acoustiques et articulatoires à l'aide du système EMA, lequel permet d'enregistrer la position de la langue, des lèvres et de la mâchoire. Le matériel de parole à produire était constitué des mots *cod*, *cud*, *who'd* et *hood*, enchâssés dans la phrase porteuse « *Say ___ hid it.* » en conditions normale, rapide et claire. Les valeurs formantiques ont été extraites et la position des marqueurs d'EMA, telle que présentée à la figure A.3, a été quantifiée selon les axes *x* et *y*.

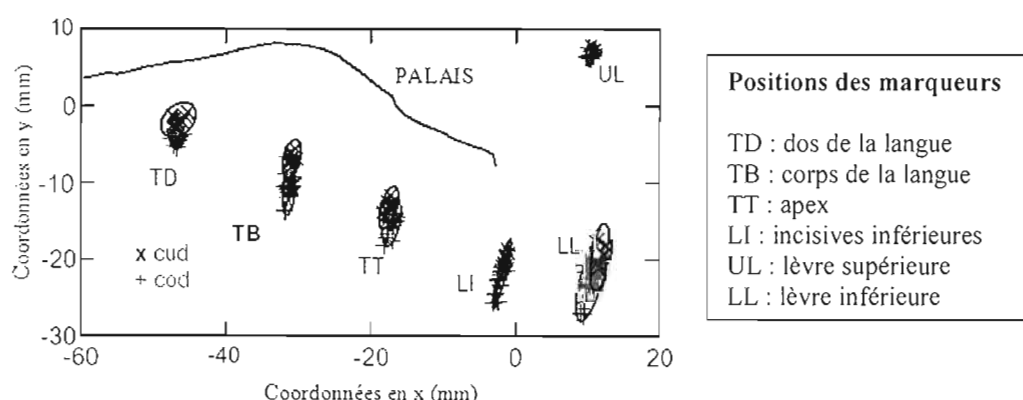


Figure A.3 Localisation des marqueurs d'EMA durant la production des stimuli *cod* (/ɑ/) et *cud* (/ʌ/) par une des locutrices (adaptée de Perkell et al., 2003).

Par la suite, les mêmes 19 sujets ont pris part à un test de perception de type ABX pour lequel ils devaient identifier la voyelle perçue sur un continuum de stimuli synthétisés de [kad] à [kʌd] et de [hud] à [hʌd]. Sur la base des résultats obtenus à ce test, les auteurs ont créé deux groupes, d'une part ceux qui ont eu de très bonnes performances de discrimination, les « bons discriminateurs » (HI), et d'autre part, ceux qui ont eu des performances moins élevées que les autres, les « mauvais discriminateurs » (LO). Cette

division a permis de mettre en relation les mesures de perception et de production. La figure A.4 représente graphiquement les résultats pour ces deux tâches.

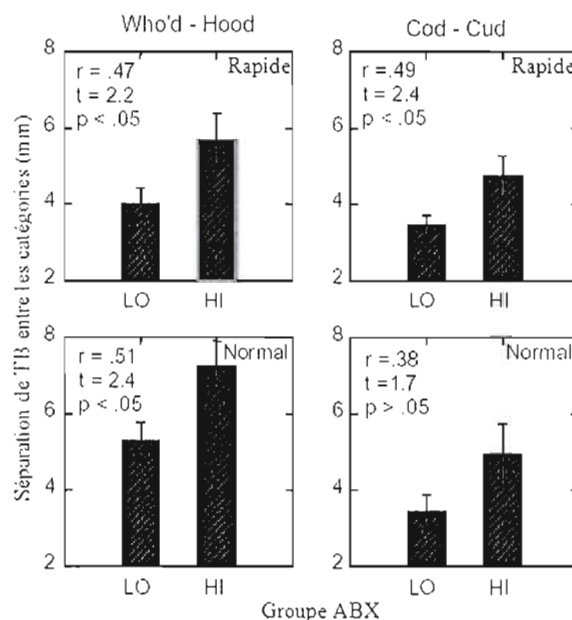


Figure A.4 Séparation entre le corps de la langue (TB) selon la production des deux paires vocaliques [hud]-[hud] et [kɑd]-[kɑd] pour les « bons discriminateurs » (HI) et les « mauvais discriminateurs » (LO) (adaptée de Perkell et al., 2003).

Suite à l'analyse des résultats, les auteurs concluent que plus un locuteur est habile à discriminer de fins contrastes vocaliques, plus il sera en mesure de produire ces fins contrastes. Il semble donc exister un lien entre la production et la perception. Ces résultats confirment leur hypothèse générale affirmant que la perception influence la production. De plus, ils sont en conformité avec la Théorie du contrôle moteur de la parole par buts auditifs de Perkell et al. (1995, 1997, 2000) en ce sens :

« [...] in which the basic phonemic units for vowels are multidimensional regions in auditory-temporal space. These regions are utilized in speech perception and they are also goals for the planning of articulatory movements. » (Perkell et al., 2004, p.2343)

La deuxième étude de Perkell et al. (2003) que nous présentons porte sur les consonnes, plus spécifiquement les fricatives. Dans le cadre de leur théorie, comme nous l'avons déjà spécifié à la section 1.2.3.3, « *les mouvements segmentaux de la parole sont programmés dans le système nerveux central pour atteindre des séquences de buts acoustiques, lesquels correspondent à des régions précises dans l'espace auditif-perceptif multi-dimensionnel (signal acoustique, indices visuels et tactiles)* ». Ainsi, dans le cadre de la présente étude, ils ont tenté d'expliquer le rôle de l'espace somatosensoriel et sa relation aux capacités de discrimination en examinant le contraste consonantique [s] - [ʃ]. Ils ont émis l'hypothèse que les buts auditifs consistent en une distribution particulière d'énergie dans le spectre de bruit, tandis que les buts somatosensoriels consistent en des patrons de contact du dos de la langue avec le palais ou les dents. Ils ont donc tenté de vérifier cette hypothèse à l'aide de l'effet de saturation. La figure A.5 illustre schématiquement comment un but somatosensoriel peut être déterminé par un effet de saturation, lequel contribue à définir le contraste [s] - [ʃ].

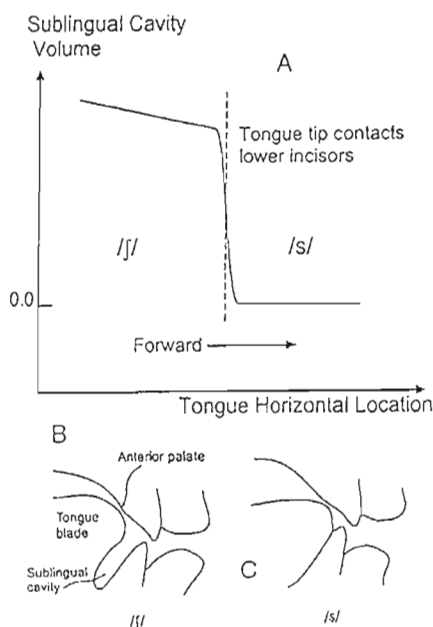


Figure A.5 Illustration de l'utilisation de l'effet de saturation dans le contraste entre [s] et [ʃ] (tirée de Perkell et al., 2003).

Comme la figure A.5 le présente en (b-c), le phonème [ʃ] est produit en positionnant la lame de la langue de façon telle à obtenir un sillon relativement long et étroit entre la lame de la langue et le palais, créant ainsi une cavité sublinguale. En revanche, le phonème [s] est produit par la formation d'un plus petit sillon avec le dos de la langue, celle-ci étant dans une position plus antérieure. Cette configuration articulaire résulte en un contact entre l'apex et les incisives inférieures, et aucune cavité sublinguale. Le tout est démontré par le graphique en (a) : à partir de la configuration du [ʃ], où il y a présence de la cavité sublinguale, l'avancement graduelle de langue fait diminuer cette cavité jusqu'au point où le contact se fait avec les dents, de sorte que le volume descend soudainement à zéro pour la configuration de [s]. Puisque la distribution des fréquences du bruit irradiant des fricatives dépend en partie de la taille de la cavité de résonance antérieure à la constriction, l'élimination de la cavité sublinguale cause une augmentation soudaine du centre de la gravité spectrale (hauteur moyenne du bruit en Hz), l'une étant caractéristique de [ʃ] et l'autre de [s]. Les auteurs définissent l'effet de saturation comme étant une relation non linéaire (quantique) entre les mouvements articulaires et la fonction d'aire résultante et l'output acoustique. En se basant sur ce cadre théorique ainsi que sur les résultats obtenus à l'expérience précédente (Perkell et al., 2003-2004), les auteurs émettent les hypothèses suivantes :

- a) Les locuteurs vont utiliser l'effet de saturation, lequel va être démontré par le contact consistant entre l'apex de la langue et les incisives inférieures durant le [s], afin d'aider à distinguer [s] de [ʃ], et il existera une différence interlocuteur ;
- b) Les locuteurs vont varier dans leurs habiletés à discriminer [s] et [ʃ] ;
- c) Les deux facteurs, soit l'utilisation du contact de la langue (but somatosensoriel) et l'habileté à discriminer auditivement deux sons, vont prédire la force des contrastes produits, lesquels seront mesurés acoustiquement.

Afin de vérifier leurs hypothèses, ils ont mené une expérience de production et de perception avec les mêmes 19 sujets ayant participé à l'étude précédente. Dans un premier

temps, ils devaient prononcer plusieurs répétitions des mots *sod*, *shod*, *said* et *shed* enchâssés dans la phrase porteuse « Say ____ hid it ». Le signal acoustique ainsi que la durée de contact entre le dessous de la pointe de la langue et les incisives inférieures ont été enregistrés. La figure A.6 présente, pour tous les sujets, les valeurs moyennes de la proportion de la durée des fricatives pour lesquelles il y avait contact.

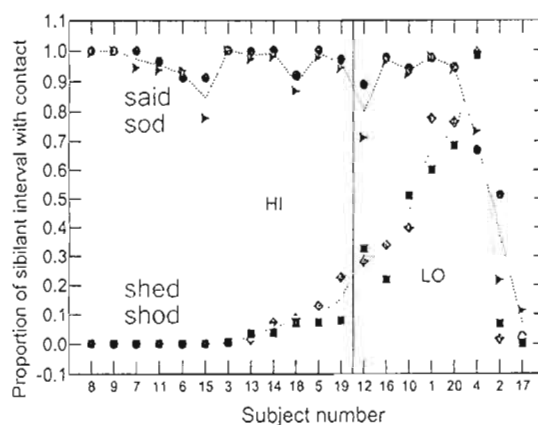


Figure A.6 Valeurs moyennes de la proportion de la durée des fricatives pour lesquelles il y a contact, pour les 19 sujets (tirée de Perkell et al. 2003).

Pour la majorité des sujets, la proportion était près de 1.0 pour [s] et près de 0.0 pour [ʃ]. Il est à noter que la différence de contact a été calculée comme étant la différence de la proportion entre [s] et [ʃ]. Les 12 sujets démontrant une différence de contact supérieure à 0.81 ont été classés dans le groupe HI et les autres ont été classés LO pour la différence de contact. Dans un deuxième temps, ces mêmes sujets ont effectué une épreuve de discrimination de type ABX contenant des stimuli synthétisés issus du continuum de *said* à *shed*. La figure A.7 démontre les valeurs de séparation des catégories acoustiques versus les différences de contact (LO-HI) et les résultats de discrimination (LO-HI).

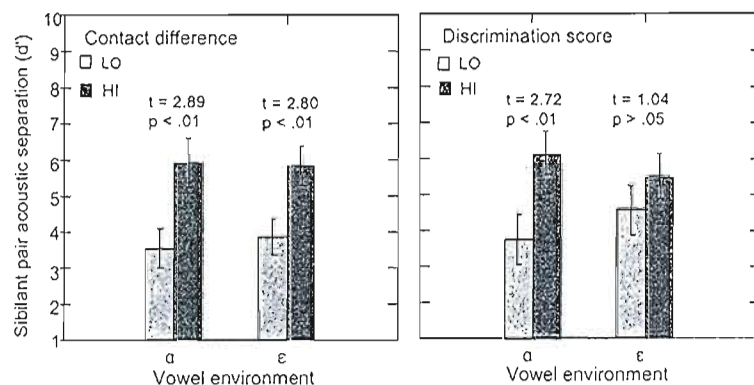


Figure A.7 Valeurs de séparation des catégories acoustiques versus les différences de contact et les résultats de discrimination (tirée de Perkell et al., 2003).

Ces résultats démontrent que les deux facteurs, soit l'utilisation de l'effet de saturation et l'habileté de discrimination, sont reliés à la production de contrastes clairs. Ainsi, les locuteurs démontrant de bonnes capacités à discriminer les fins contrastes entre les fricatives tendent à être davantage en mesure de les produire avec de meilleurs contrastes.

Somme toute, les auteurs des expériences présentées dans cette section arrivent tous au même postulat : la perception et la production de la parole sont intimement liées et elles partagent des stratégies et/ou des mécanismes communs.

APPENDICE B

CORRÉLATS ACOUSTIQUES ET ARTICULATOIRES DE L'EMPHASE CONTRASTIVE : LOCUTEURS AVEUGLES VERSUS VOYANTS

Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé le phénomène d'emphase contrastive dans le but de créer un environnement propice à la production des traits articulatoires canoniques des segments, donc une condition où les gestes articulatoires seraient maximaux. En fait, selon De Jong (1993), lors de la production d'une unité linguistique sous emphase contrastive, le locuteur tendrait vers la distinctivité, plutôt que vers l'économie articulatoire. La réduction de la coarticulation, dénotée par l'augmentation de l'espace acoustique et/ou articulatoire utilisé, appuierait ce modèle d'*Hyper-hypoarticulation*. La question à savoir si les locuteurs aveugles ont effectivement utilisé l'emphase a été soulevée étant donné que la différence articulatoire entre les voyelles produites en condition neutre et celles produites sous emphase ne s'est pas avérée significative, contrairement aux locuteurs voyants. Ainsi, les corrélats acoustiques de l'emphase font l'objet de ce chapitre, lequel sera plutôt synthétique. Dans un premier temps, nous résumons les résultats de l'analyse articulatoire et dans un deuxième temps, nous proposons une analyse des données acoustiques relatives à l'emphase. Cette dernière section comprend deux volets, l'un sur les variations des valeurs formantiques et l'autre sur les variations quant à la durée, la fréquence fondamentale et l'intensité des voyelles produites sous emphase. Mentionnons que ce chapitre se retrouve en annexe étant donné que les questions relatives à la production de l'emphase, d'un point de vue acoustique, ne se rapportent pas tout à fait à nos questions de recherche. Toutefois, nous croyons intéressant de partager ces résultats avec le lecteur.

B.1 Résumé de l'analyse articulatoire

Les résultats quant aux gestes de protrusion seront d'abord présentés. Rappelons que ces derniers sont calculés selon la dimension horizontale par rapport à la règle, sur l'image de profil. Nous parlons donc d'ampleur du mouvement des lèvres relevant de la différence entre le maximum et le minimum de protrusion. Globalement, le mouvement de protrusion s'est avéré significativement plus important chez les voyants que chez les aveugles autant en condition neutre ($F(1,6)=12,18$; $p<0,05$) qu'en condition d'emphase ($F(1,6)=10,33$; $p<0,05$). Aussi, la différence de protrusion entre les deux conditions prosodiques est plus marquée chez le groupe de voyants. Les résultats des analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les conditions prosodiques chez les voyants ($F(1,6)=13,88$; $p<0,01$), mais non chez les aveugles. À présent seront considérés les contextes consonantiques distinctement. Le tableau B.1 illustre l'ampleur de protrusion produite par les huit locuteurs pour chaque contexte consonantique, selon la condition prosodique, ainsi que le pourcentage de variation de la condition neutre à la condition d'emphase.

Tableau B.1

Ampleur de protrusion pour chaque contexte consonantique selon la condition prosodique et pourcentage de variation (%) de la condition neutre (N) à la condition d'emphase (E) pour chaque locuteur

		[b]			[d]			[g]		
		N	E	%	N	E	%	N	E	%
Voyants	CE	0,63	> 0,62	↓ -1,58	0,68	< 0,70	↑ 2,81	0,70	< 0,82	↑ 18,39
	JPR	0,63	< 1,13	↑ 78,64	1,20	< 1,46	↑ 21,68	1,05	< 1,47	↑ 39,89
	MBA	0,66	< 0,94	↑ 43,82	0,85	< 1,03	↑ 21,87	0,71	< 1,12	↑ 58,47
	MO	0,95	< 1,29	↑ 35,05	0,97	< 1,67	↑ 71,65	1,01	< 1,75	↑ 73,83
Aveugles	FB	0,58	> 0,49	↓ -16,01	0,42	> 0,36	↓ -16,27	0,45	> 0,42	↓ -7,78
	DM	0,46	< 0,59	↑ 28,02	0,55	< 0,74	↑ 34,98	0,52	< 0,75	↑ 45,45
	MAR	0,35	< 0,45	↑ 27,97	0,21	< 0,31	↑ 48,33	0,15	< 0,24	↑ 58,94
	YL	0,65	> 0,61	↓ -6,33	0,61	> 0,56	↓ -8,07	0,51	< 0,62	↑ 21,64

À la seule exception de la locutrice CE_v en contexte [b], tous les locuteurs voyants présentent une augmentation de l'ampleur de protrusion de la condition neutre à la condition

d'emphase et ce, pour tous les contextes consonantiques. Parmi le groupe de locuteurs aveugles, FB_a et YL_a sont associés à des résultats inférieurs en condition d'emphase comparativement à la condition neutre pour au moins deux des trois contextes consonantiques, tandis que DM_a et MAR_a démontrent un patron d'augmentation similaire à celui des voyants. Rappelons que même si l'interaction des variables « consonnes » et « groupes » ne s'est pas avérée significative à la lumière de l'ANOVA effectuée sur les mesures d'ampleur de protrusion, certaines comparaisons planifiées sont évocatrices des différences intergroupes. Les différentes comparaisons planifiées sont exprimées au tableau B.2.

Tableau B.2
Comparaisons planifiées sur les mesures d'ampleur de protrusion entre la condition neutre et la condition d'emphase selon le contexte consonantique, pour chaque groupe de locuteurs (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Contextes consonantiques	F (1,6)	p
Voyants	[b]	10,90	*
	[d]	6,81	*
	[g]	19,26	**
Aveugles	[b]	0,08	
	[d]	0,15	
	[g]	1,06	

En somme, l'effet de la condition prosodique sur l'ampleur de la protrusion semble avoir un impact plus important chez les locuteurs voyants. De fait, la comparaison des deux conditions pour tous les contextes consonantiques s'est révélée significative chez les voyants à $p < 0,05$ ou $p < 0,01$, alors que chez les aveugles, la condition prosodique d'emphase n'a apporté aucune différence significative quant à l'ampleur de protrusion.

L'aire aux lèvres est une deuxième mesure que nous avons utilisée pour caractériser la dynamique labiale. Le groupe de voyants a été associé à des valeurs moyennes d'aire aux lèvres plus élevées pour les voyelles [a] et [i] que le groupe d'aveugles, et ce dans les deux conditions prosodiques, quoique les analyses statistiques n'aient pas révélé de différence intergroupe significative. Le tableau B.3 expose les mesures d'aire aux lèvres des voyelles

[a] et [i] selon la condition prosodique ainsi que les pourcentages de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque locuteur. Nous ne rapportons pas les résultats de [u] et [y] puisque l'ouverture labiale n'est pas un trait canonique de ces voyelles, étant des voyelles fermées.

Tableau B.3

Mesure d'aire aux lèvres des voyelles [a] et [i], sans distinction du contexte consonantique, selon la condition prosodique et pourcentage de variation (%) de la condition neutre (N) à la condition d'emphasis (E) pour chaque locuteur

		[a]			[i]		
		E	N	%	E	N	%
Voyants	CE	5,57	> 4,80	↑ 16,16	3,19	> 2,54	↑ 25,65
	JPR	5,38	> 3,28	↑ 63,81	3,64	> 2,16	↑ 68,36
	MBA	3,26	> 3,13	↑ 4,11	2,00	> 1,64	↑ 21,67
	MO	6,00	> 3,75	↑ 59,69	3,53	> 1,71	↑ 105,96
Aveugles	FB	3,39	> 2,68	↑ 26,54	2,16	> 1,39	↑ 55,87
	DM	3,78	> 3,11	↑ 21,39	2,07	> 1,49	↑ 38,67
	MAR	4,62	> 3,81	↑ 21,26	2,63	> 2,21	↑ 19,16
	YL	2,77	> 2,17	↑ 28,05	1,38	> 1,09	↑ 25,95

Tous les locuteurs, sans exception, démontrent une aire aux lèvres plus importante en condition d'emphasis comparativement à la condition neutre. Toutefois, cette différence s'est avérée significative chez les locuteurs voyants seulement, tel que spécifié au tableau B.4.

Tableau B.4

Comparaisons planifiées sur les mesures d'aire aux lèvres entre la condition neutre et la condition d'emphasis selon le contexte consonantique, pour chaque groupe de locuteurs
(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Voyelles	F(1,6)	p
Voyants	[a]	10,32	*
	[i]	9,95	*
Aveugles	[a]	5,02	
	[i]	4,07	

En somme, les locuteurs voyants utilisent des stratégies articulatoires pour marquer l'emphase, soit une augmentation de l'aire aux lèvres et de la protrusion, ce qui est en lien avec certaines recherches précédentes. De fait, Ménard et al. (2006), en considérant les valeurs d'aire aux lèvres et de vélocité, suggèrent que les locuteurs adultes du français contrastent les syllabes en condition d'emphase et en neutre sur le continuum de la dimension articulatoire d'aire aux lèvres. Toutefois, l'effet de l'emphase s'est avéré beaucoup moins important chez les locuteurs aveugles, pour lesquels aucune différence articulatoire significative n'a été relevée entre la condition neutre et la condition d'emphase.

Ces corrélats articulatoires sont souvent reliés à des changements spectraux, avec les voyelles basses plus périphériques dans l'espace acoustique (Cho, 2005 ; Ménard et al., 2006). Aussi, il a été rapporté que les syllabes produites sous emphase sont prononcées avec une brusque augmentation de la valeur de la fréquence fondamentale et/ou de l'intensité sur le constituant en emphase et une augmentation de la durée de la syllabe (Erickson, 2005 ; Harrington et al., 1995). Au cours des deux prochaines sections, nous explorons ces corrélats acoustiques. D'abord, un examen des trapèzes vocaliques permettra de vérifier si un changement est effectué de la condition neutre à la condition d'emphase au niveau des valeurs formantiques, spécialement celle de F1. Ensuite, nous explorerons les paramètres de la fréquence fondamentale, la durée et l'intensité des voyelles.

B.2 Trapèzes vocaliques : variations des valeurs formantiques

Cette section présente les trapèzes vocaliques des voyelles [a], [i], [u] et [y] produites par les locuteurs voyants et les locuteurs aveugles dans les conditions neutre et d'emphase. Les trapèzes correspondant à ces deux conditions ont été superposés afin de déterminer visuellement l'ampleur de la variation des valeurs formantiques. Les ellipses ont été tracées à $\pm 1,5$ écart type de la moyenne des dix répétitions de chacune des voyelles en contexte consonantique [b], par condition. Les trapèzes acoustiques des locuteurs voyants seront d'abord présentés et ensuite, ceux des locuteurs aveugles, ces deux parties seront respectivement suivies par une brève discussion relative aux résultats intragroupes. Les figures B.1 à B.4 illustrent les espaces vocaliques utilisés par les locuteurs voyants dans la

production des voyelles [a], [i], [u] et [y], et ce pour les deux conditions prosodiques. Il est à noter que les flèches intégrées à l'intérieur des espaces acoustiques représentent la direction de la variation de la condition neutre à la condition d'emphasis.

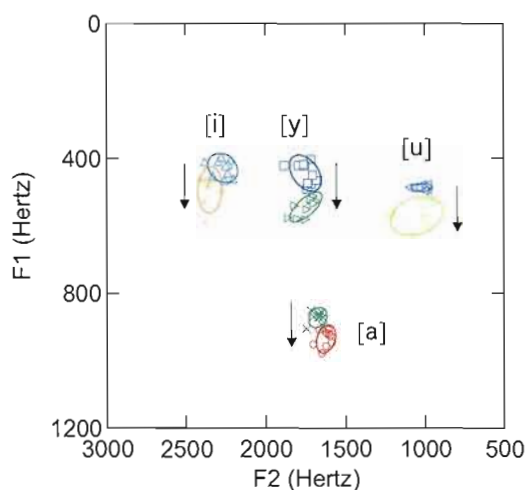


Figure B.1 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice voyante CE_v dans les deux conditions prosodiques.

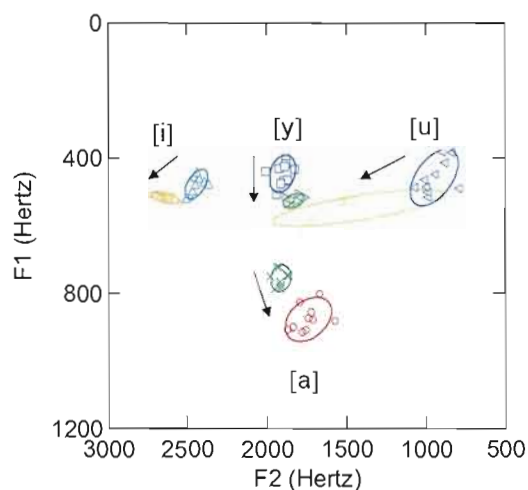


Figure B.2 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice voyante JPR_v dans les deux conditions prosodiques.

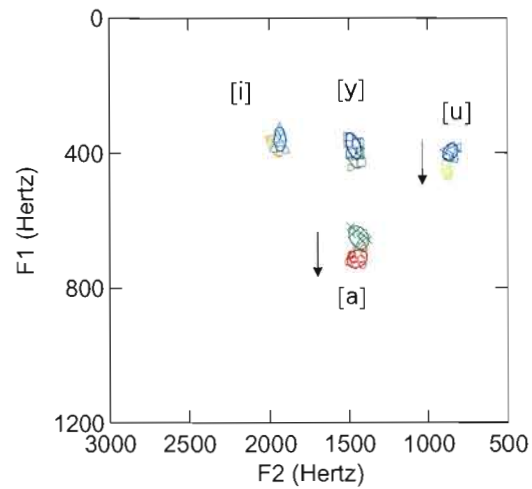


Figure B.3 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur voyant MBA_v dans les deux conditions prosodiques.

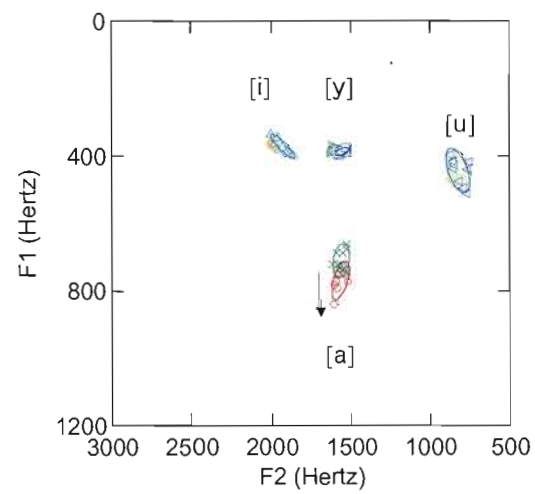


Figure B.4 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur voyant MO_v dans les deux conditions prosodiques.

Pour les deux locutrices, les valeurs de F1 des voyelles [a], [i], [u] et [y] en contexte [b] subissent une forte augmentation, de telle sorte que les ellipses en condition d'emphasis ne chevauchent pas celles en condition neutre. Toutefois, pour les deux locuteurs masculins, la différence entre les deux conditions n'est que très peu visible, à l'exception de la voyelle [a], laquelle se retrouve en position plus périphérique dans le trapèze acoustique, en raison d'une augmentation de F1. Les distances euclidiennes, illustrées à la figure B.5, confrontant les conditions prosodiques pour chaque voyelle dans le contexte [b] révèlent cette différence intragroupe. Rappelons toutefois que les distances euclidiennes prennent en compte les valeurs de F1 et de F2 des voyelles.

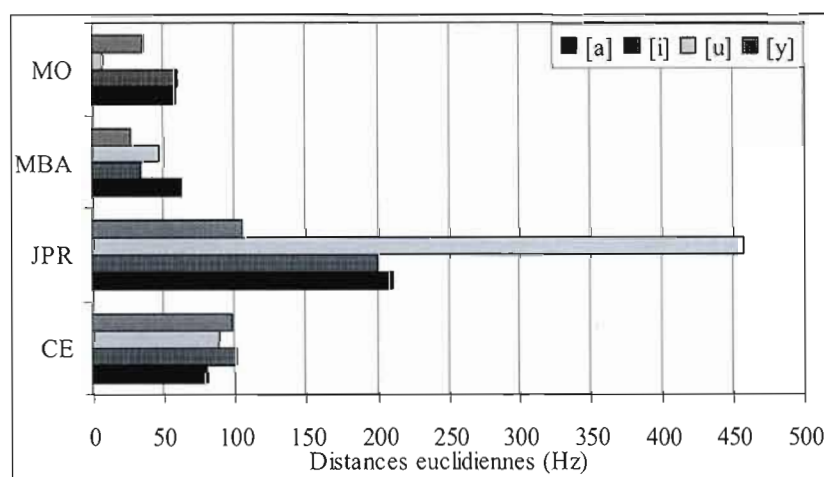


Figure B.5 Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis des voyelles [a], [i], [u] et [y] en contexte [b] pour les locuteurs voyants.

Les analyses statistiques ont rapporté une différence significative entre la condition neutre et la condition d'emphasis relative aux valeurs de F1, sans distinction de la consonne et de la voyelle ($F(1,6)=6,28$; $p<0,05$) chez les voyants, mais non des valeurs de F2.

Les figures B.6 à B.9 illustrent les espaces vocaliques utilisés par les locuteurs aveugles dans la production des voyelles [a], [i], [u] et [y], et ce pour les deux conditions prosodiques.

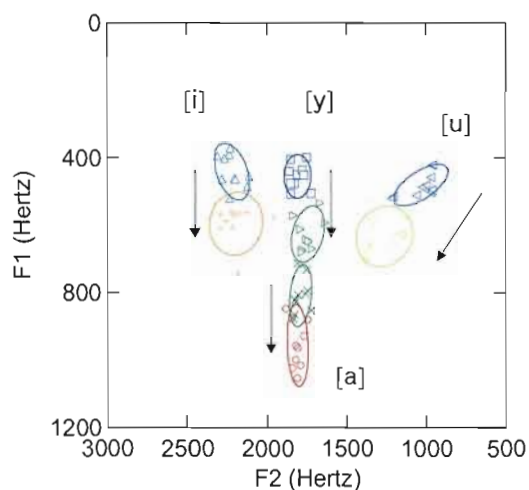


Figure B.6 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice aveugle FB_a dans les deux conditions prosodiques.

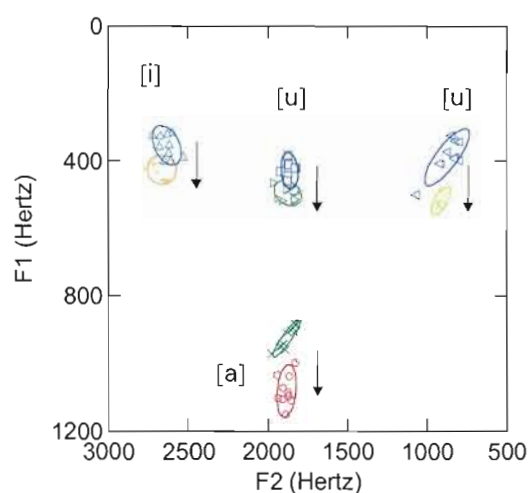


Figure B.7 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par la locutrice aveugle DM_a dans les deux conditions prosodiques.

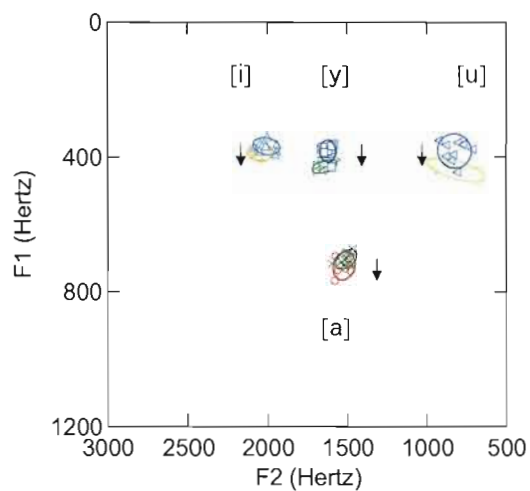


Figure B.8 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur aveugle MAR_a dans les deux conditions prosodiques.

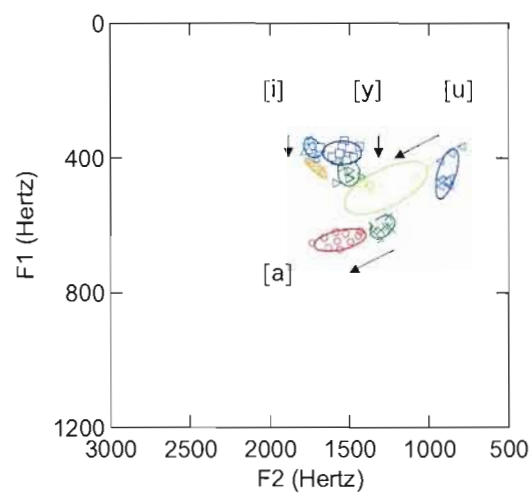


Figure B.9 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites par le locuteur aveugle YL_a dans les deux conditions prosodiques.

Encore ici, les différences les plus marquées entre les conditions neutre et d'emphasis se retrouvent chez les locutrices, pour lesquelles les valeurs de F1 des voyelles [a], [i], [u] et [y] subissent une forte augmentation. Le locuteur YL_a présente un patron similaire, malgré la présence d'une plus grande variation des valeurs en F2, notamment pour les voyelles [a] et [y]. MAR_a, quant à lui, est le locuteur pour lequel les valeurs formantiques ont le moins de changements de la condition neutre à la condition d'emphasis. Les distances euclidiennes opposant les deux conditions pour chaque voyelle dans le contexte [b] révèlent cette différence intragroupe (figure B.10).

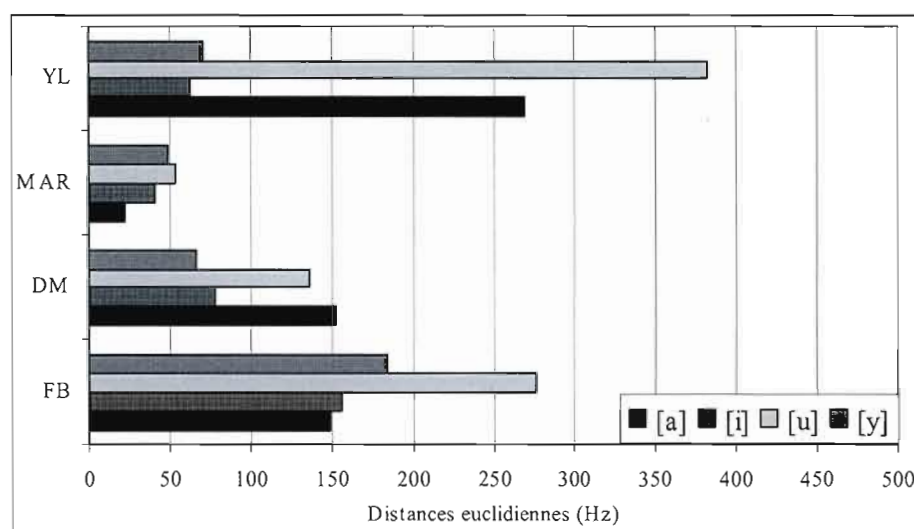


Figure B.10 Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis des voyelles [a], [i], [u] et [y] en contexte [b] pour les locuteurs aveugles.

Les analyses statistiques ont révélé une différence significative entre les voyelles produites en condition neutre et en condition d'emphasis relative aux valeurs de F1 chez les locuteurs aveugles ($F(1,6)=14,66$; $p<0,01$), ce qui ne s'avère pas être le cas des valeurs de F2.

Ainsi, pour les deux groupes de locuteurs, les valeurs de F1 sont significativement plus élevées en condition d'emphasis comparativement à la condition neutre. Toutefois, certaines comparaisons planifiées opposant ces deux conditions pour chaque voyelle prise distinctement révèlent des différences intergroupes. Ces comparaisons planifiées sur les valeurs de F1 sont représentées au tableau B.5.

Tableau B.5
Comparaisons planifiées sur les valeurs de F1 de chaque voyelle entre la condition neutre et la condition d'emphasis pour chaque groupe de locuteurs
(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

	Voyelles	F(1,6)	p
Voyants	[a]	6,55	*
	[i]	3,51	
	[u]	5,06	
	[y]	3,85	
Aveugles	[a]	7,89	*
	[i]	13,33	*
	[u]	12,53	*
	[y]	12,88	*

En somme, la différence relative aux valeurs du premier formant entre les conditions neutre et d'emphasis s'est avérée significative pour la voyelle [a] seulement, chez les locuteurs voyants, tandis qu'elle l'est pour toutes les voyelles chez les locuteurs aveugles. Ainsi, ces derniers utilisent davantage la valeur de F1 pour marquer l'emphasis sur le constituant en question que les locuteurs voyants. Ces résultats sont plutôt intéressants puisqu'ils ne reflètent pas exactement les effets articulatoires relatifs aux conditions prosodiques. Nous reviendrons sur ce sujet lors de la discussion.

La prochaine section expose les résultats quant à d'autres corrélats acoustiques de l'emphasis, soit la fréquence fondamentale, la durée et l'intensité de la voyelle

B.3 Fréquence fondamentale, durée et intensité des voyelles

Il a été rapporté dans la littérature que les syllabes produites sous emphase sont prononcées avec une brusque augmentation de la fréquence fondamentale et/ou de l'intensité, et une augmentation de sa durée (Erickson, 2005 ; Harrington et al., 1995). Cette section expose les résultats acoustiques relatifs à ces stratégies dans le but d'évaluer si les deux groupes de locuteurs les utilisent de façon similaire pour marquer l'emphase. Les valeurs de ces trois paramètres acoustiques obtenues par les locuteurs voyants pour les voyelles [a], [i], [u] et [y] font l'objet des figures B.11 à B.14. Il est à noter que ces résultats ne distinguent pas les différents contextes consonantiques.

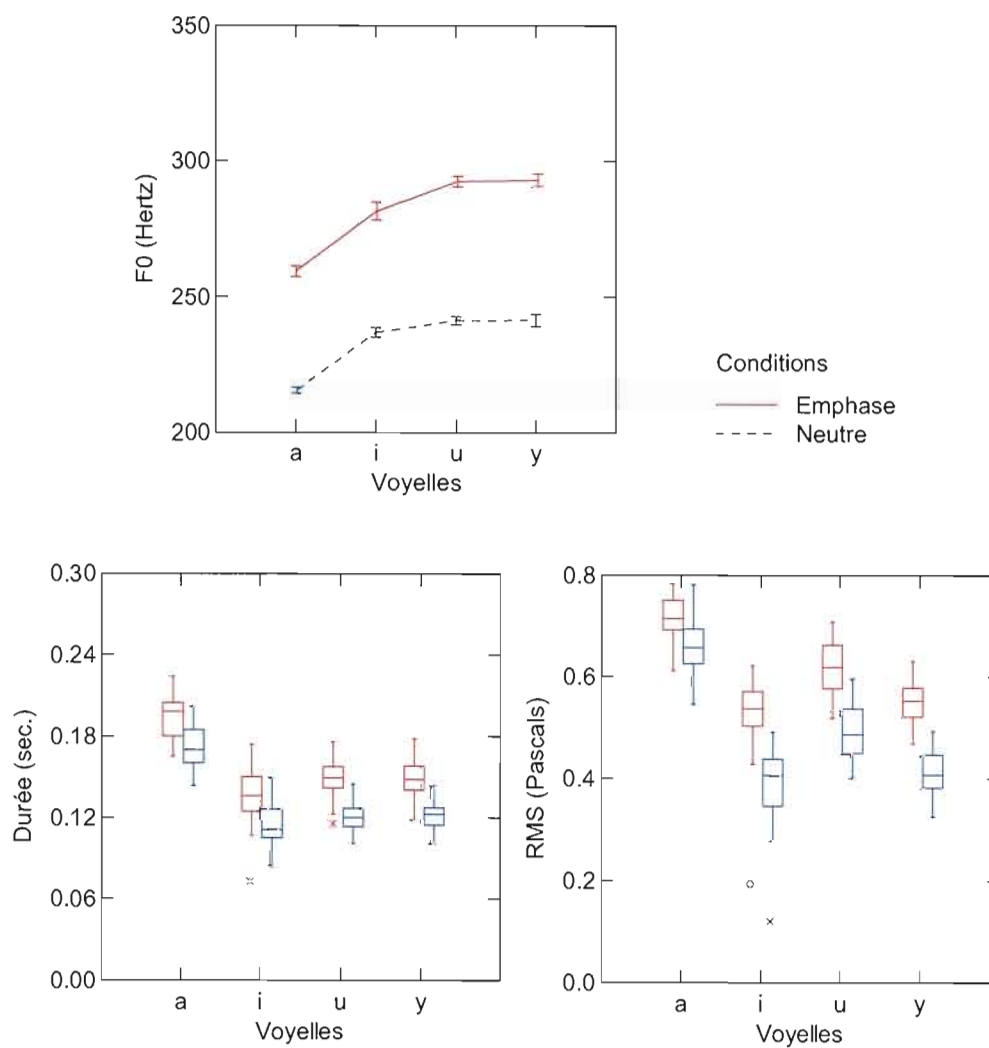


Figure B.11 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphase, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice voyante CE_v.

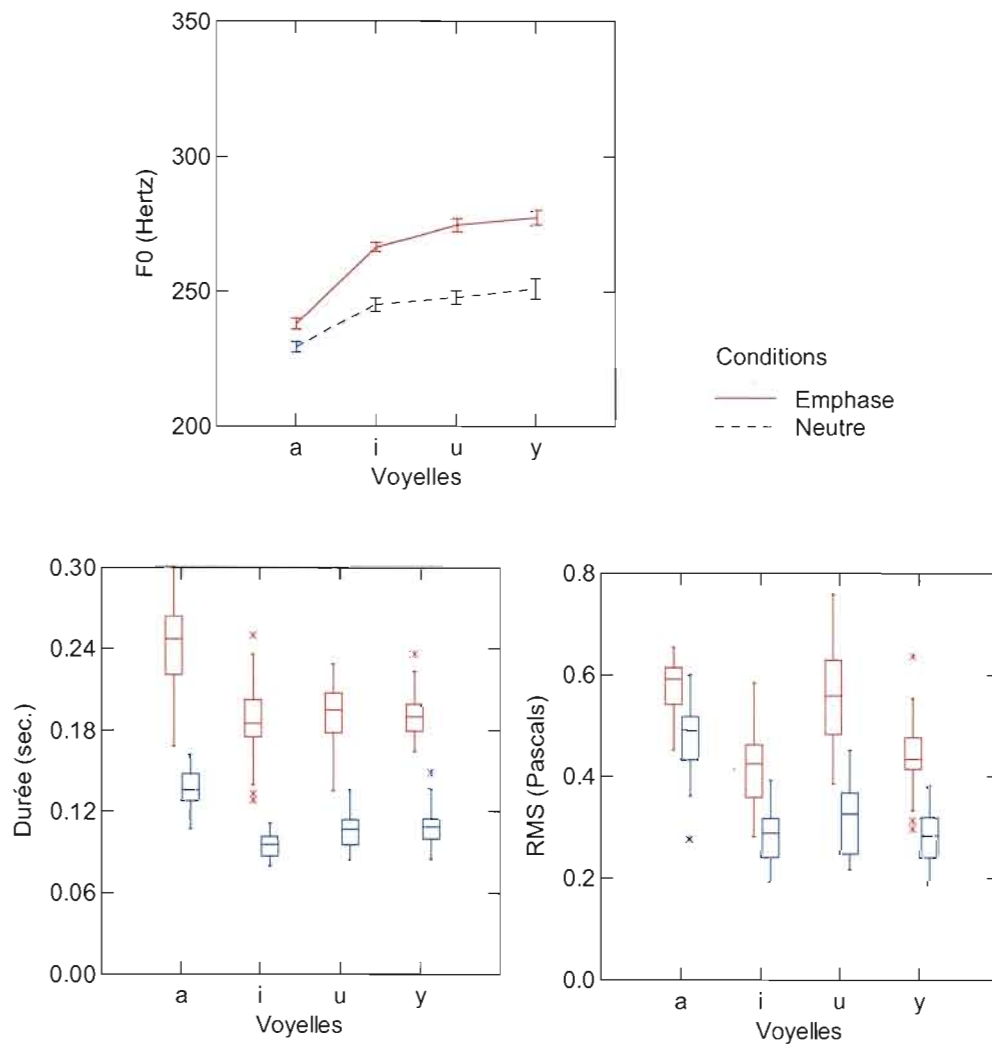


Figure B.12 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice voyante JPR_v.

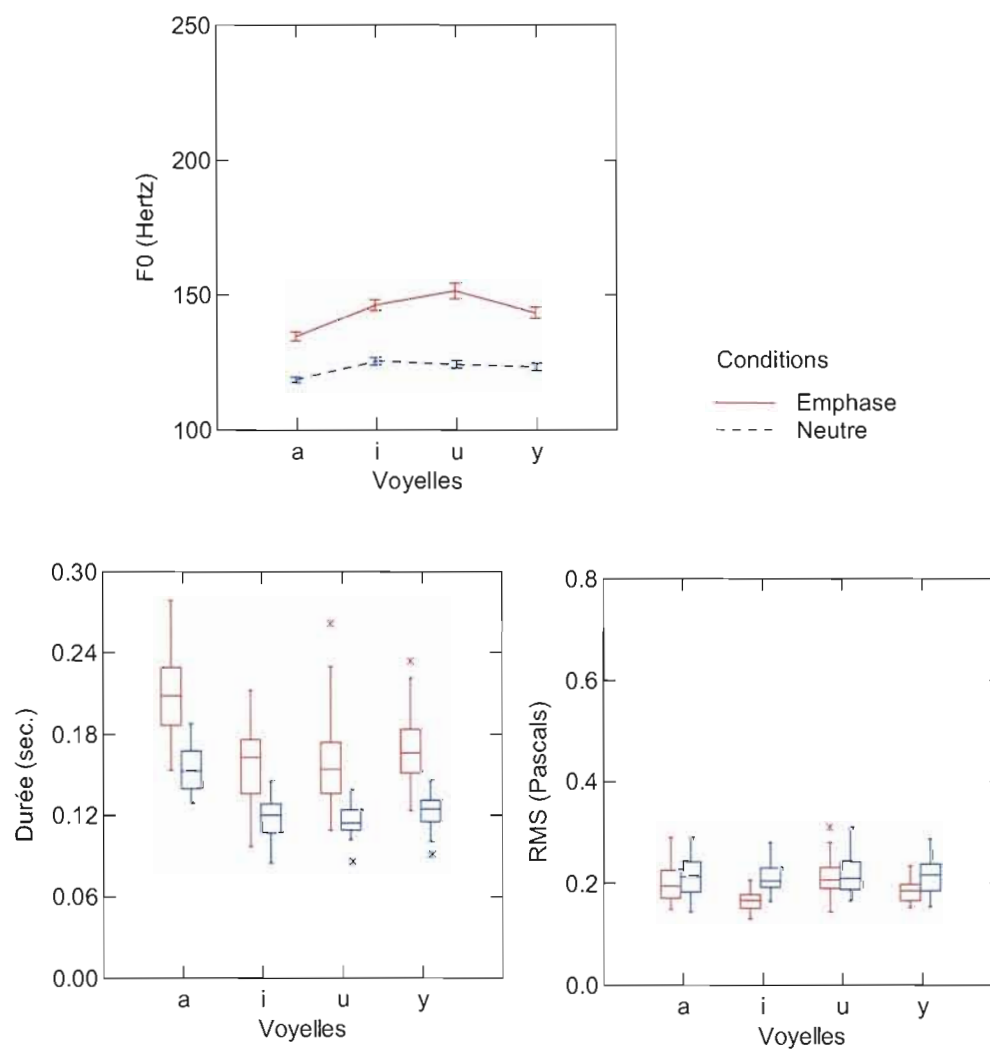


Figure B.13 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur voyant MBA_v.

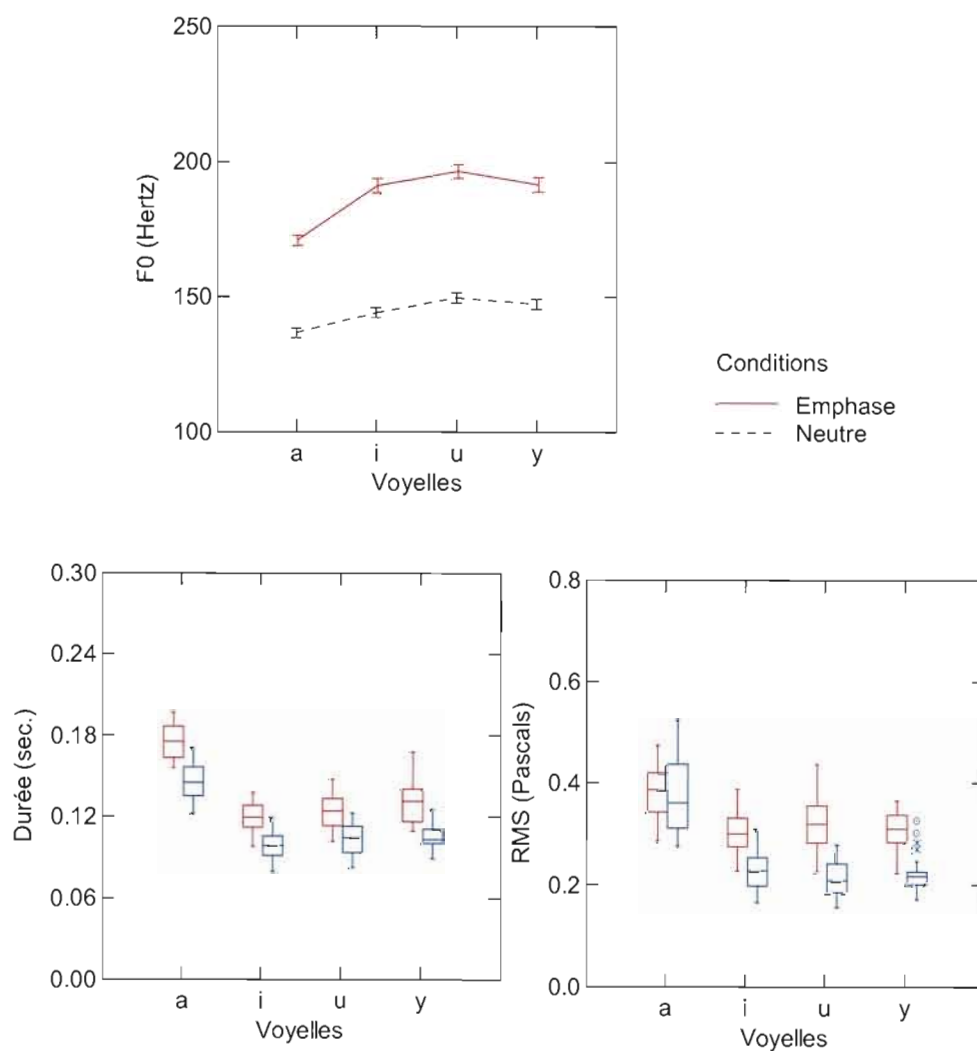


Figure B.14 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur voyant MO_v.

Le but de cette section n'étant pas d'effectuer un examen individuel des résultats de chaque locuteur, mais plutôt d'obtenir un portrait global du comportement de chacun des groupes de locuteurs, nous ne rapporterons que quelques commentaires généraux ainsi que les résultats des analyses statistiques.

D'abord, en ce qui concerne la fréquence fondamentale, deux locuteurs voyants, soit CE_v et MO_v, voient leurs valeurs augmenter en condition d'emphase comparativement à la condition neutre, tandis que pour les deux autres, l'effet de cette condition n'est que très restreint. En fait, la fréquence fondamentale accroît de seulement 8,40% pour JPR_v, tandis qu'elle augmente de 29,08% pour MO_v. La différence relative à f_0 entre la condition neutre et la condition d'emphase ne s'est pas avérée significative à la lumière des analyses statistiques.

Trois locuteurs sur quatre ont utilisé l'intensité pour marquer l'emphase sur le constituant, l'augmentation de cette valeur étant variable d'un locuteur à l'autre et d'une voyelle à l'autre. MBA_v, quant à lui, a diminué l'intensité des voyelles dans cette condition par rapport à la condition neutre. Les analyses statistiques n'ont tout de même révélé aucune différence significative entre les deux conditions prosodiques quant à ce paramètre acoustique.

La durée de la voyelle est le paramètre ayant été le plus affecté par la condition prosodique chez les voyants. En somme, il est le seul pour lequel les valeurs subissent une augmentation significative de la condition neutre à la condition d'emphase selon les analyses statistiques ($F(1,6)=16,37$; $p<0,01$).

Les résultats relatifs à la fréquence fondamentale, la durée et l'intensité des voyelles obtenus par les locuteurs aveugles sont illustrés aux figures B.15 à B.18.

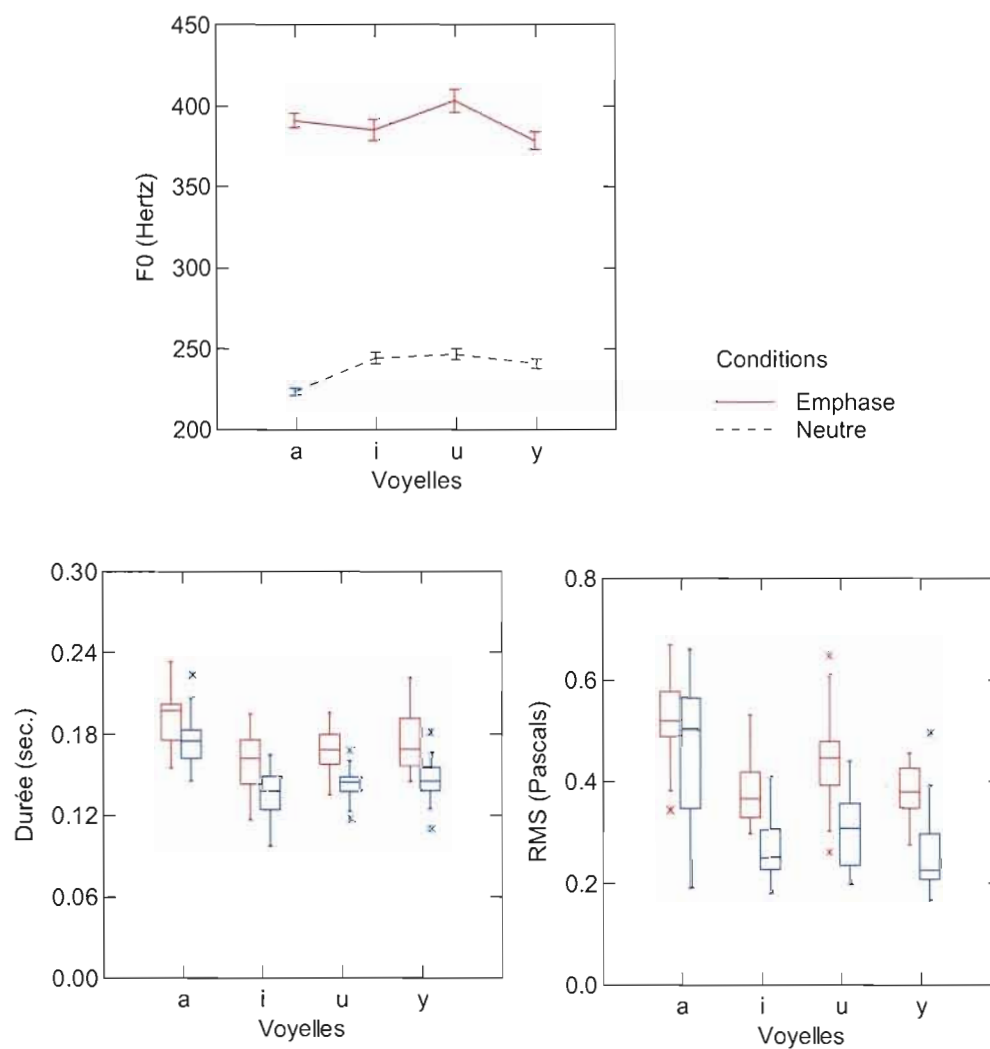


Figure B.15 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice aveugle FB_a.

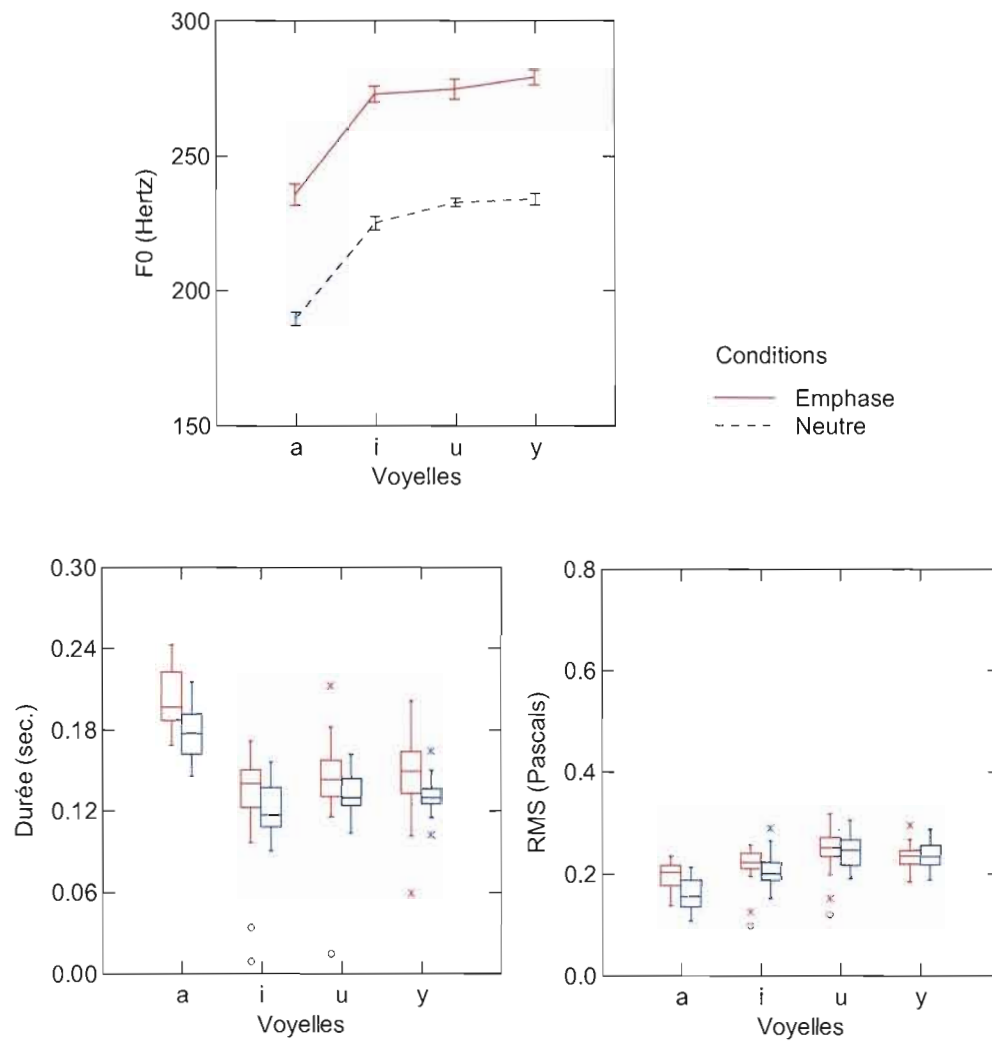


Figure B.16 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphase, sans distinction du contexte consonantique, pour la locutrice aveugle DM_a.

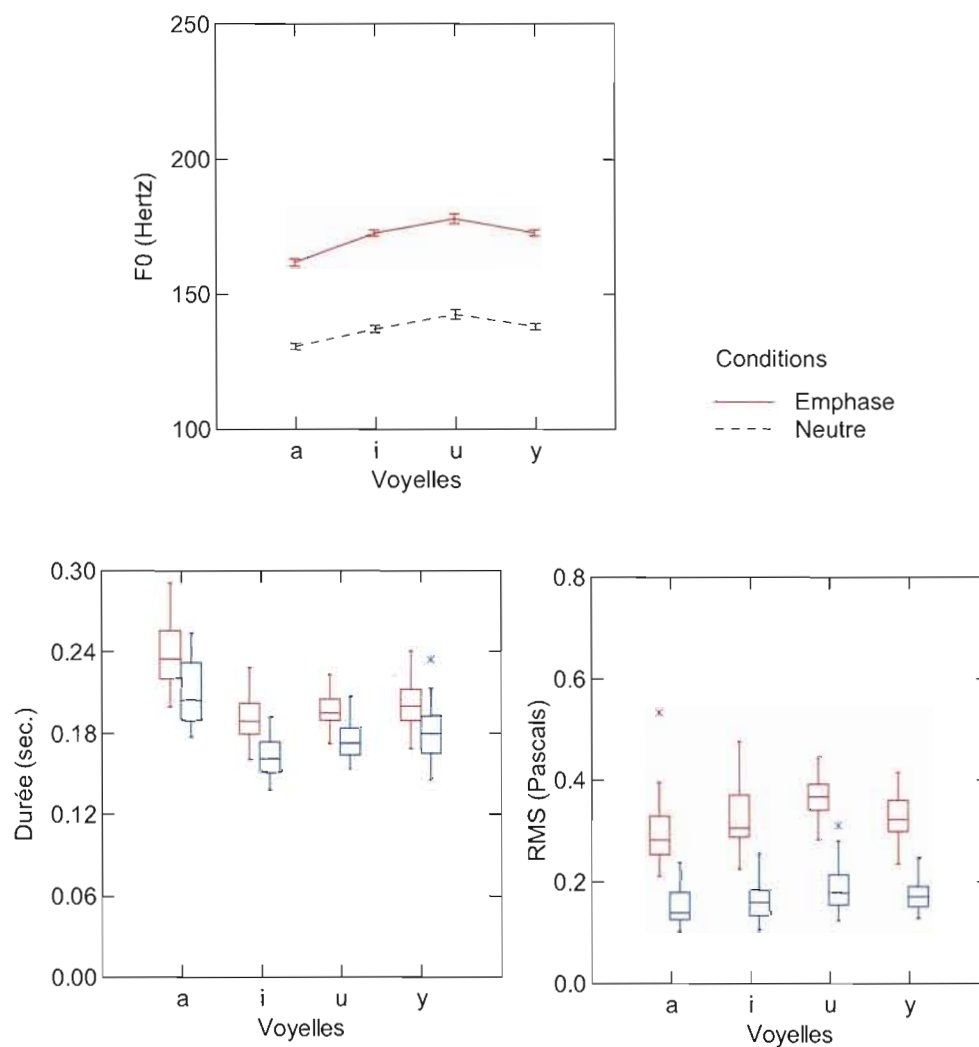


Figure B.17 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur aveugle MAR_a

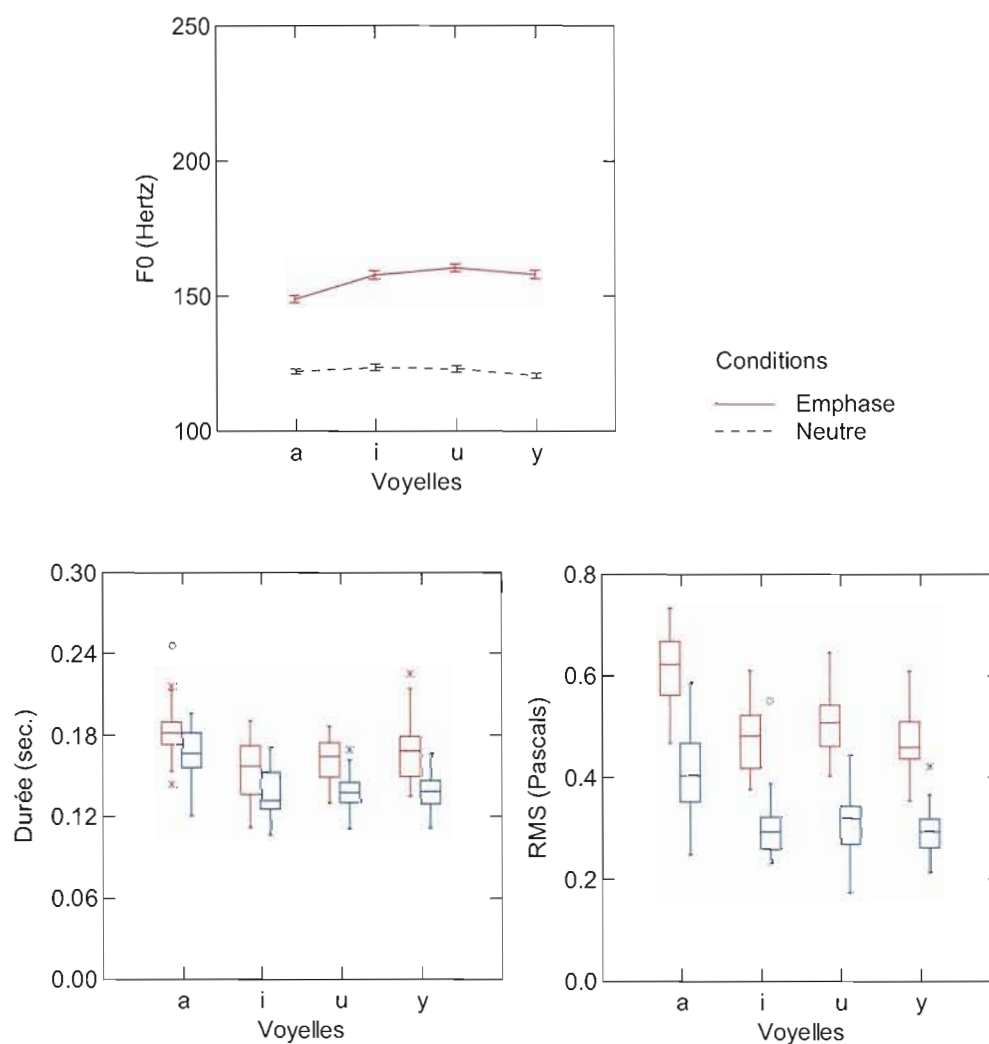


Figure B.18 Moyennes et écart type de la fréquence fondamentale (en Hertz), de la durée (en secondes) et de l'intensité (en Pascals) des voyelles [a], [i], [u] et [y] pour les conditions neutre et d'emphasis, sans distinction du contexte consonantique, pour le locuteur aveugle YL_a

Le patron acoustique associé au groupe de locuteurs aveugles est tout à fait contraire à celui du groupe de locuteurs voyants. En effet, la fréquence fondamentale a subi une augmentation majeure de 23% à 69% de la condition neutre à la condition d'emphase pour tous les locuteurs aveugles, différence qui s'est avérée significative ($F(1,6)=9,85$; $p<0,05$).

Aussi, trois des quatre locuteurs aveugles ont opté pour le paramètre d'intensité afin de marquer l'emphase, quoique les résultats intragroupes varient. La locutrice DM_v est la seule pour laquelle les valeurs restent plutôt stables d'une condition à l'autre, à l'exception de la valeur de la voyelle [a], qui subit une augmentation de 20%. Les analyses statistiques ont révélé que la différence d'intensité entre les deux conditions est significative ($F(1,6)=9,25$; $p<0,05$).

Finalement, en ce qui concerne la durée de la voyelle, les analyses statistiques se sont avérées non significatives quant à la différence entre les conditions neutre et d'emphase, contrairement aux locuteurs voyants.

B.4 Discussion

Le tableau B.6 résume les effets articulatoires et acoustiques de l'emphase pour chaque groupe de locuteurs.

Tableau B.6
Effets articulatoires et acoustiques de l'emphase pour chaque groupe de locuteurs
(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

		Voyants		Aveugles	
		F (1,6)	p	F (1,6)	p
Articulatoire	Aire [a]	10,32	*	5,02	
	[i]	9,95	*	4,07	
	Protrusion	13,88	**	0,39	
Acoustique	F1 [a]	6,55	*	7,88	*
	[i]	3,51		13,33	*
	[u]	5,05		12,53	*
	[y]	3,85		12,88	*
	f0	2,12		9,85	*
	Durée	16,37	**	3,49	
	RMS	4,32		9,28	*

À la lumière de ce tableau, il semble que les stratégies utilisées par les locuteurs aveugles pour marquer l'emphase soient différentes de celles des locuteurs voyants. D'une part, le groupe de voyants a effectué des mouvements articulatoires significativement plus importants, et a augmenté la durée de la voyelle pour signaler l'emphase sur le constituant en question. Ce qui est en lien avec le modèle d'*Hyper-hypoarticulation*, lequel propose qu'il y aurait une augmentation de l'espace acoustique et articulatoire, par l'intermédiaire d'une hyperarticulation. Toutefois, seule la voyelle [a] a subi une augmentation significative de F1, résultant en un trapèze acoustique légèrement plus périphérique. D'autre part, pour le groupe d'aveugles, l'effet articulatoire de l'emphase ne s'est pas avéré significatif, tant pour le mouvement de protrusion que d'aire aux lèvres. Toutefois, la valeur de F1 s'est révélée significativement plus élevée en condition d'emphase par rapport à la condition neutre chez ce groupe. Ces résultats acoustiques sont particulièrement intéressants puisqu'ils ne reflètent pas exactement les effets articulatoires retrouvés dans la condition d'emphase. En fait, l'augmentation des mouvements articulatoires devrait être reliée à une augmentation des valeurs de F1 (et une diminution des valeurs de F2) pour la voyelle [a] (Ménard et al., 2006),

comme c'est le cas chez les locuteurs voyants. Ainsi, d'autres stratégies, autres que l'augmentation de l'ampleur de la protrusion et/ou de l'aire aux lèvres ont été exploitées par les locuteurs de ce groupe pour augmenter la valeur de F1, comme différents mouvements linguaux par exemple.

Aussi, le paramètre temporel de durée de la voyelle a départagé les locuteurs voyants des locuteurs aveugles. En fait, l'interaction des deux groupes de locuteurs en condition neutre s'est avérée significative ($F(1,6)=9,23$; $p<0,05$), mais non en condition d'emphasis. Rappelons que le groupe de voyants a utilisé la stratégie d'allongement de la durée de la voyelle pour signaler l'emphasis, résultant en une différence significative entre les deux conditions, ce qui n'est pas le cas du groupe d'aveugles. Toutefois, en examinant les résultats, nous remarquons que la durée moyenne des voyelles en condition neutre chez les locuteurs aveugles est semblable à celle des voyelles en condition d'emphasis chez les locuteurs voyants, tel qu'illustré à la figure B.19. Ainsi, l'augmentation s'avère beaucoup moins importante en condition d'emphasis chez les locuteurs aveugles, les valeurs de durée étant déjà d'une certaine façon plafonnées.

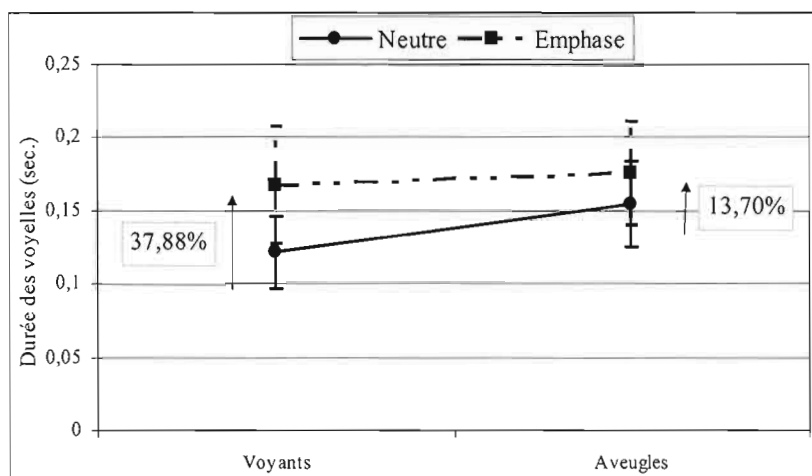


Figure B.19 Moyennes et écart type (en seconde) de la durée des voyelles selon la condition pour chaque groupe de locuteurs, ainsi que pourcentage (%) de variation de la condition neutre à la condition d'emphasis.

Les résultats individuels démontrés aux figures B.11 à B.18 ainsi que les analyses statistiques suggèrent que l'augmentation de l'intensité de la voyelle est une stratégie optionnelle pour marquer l'emphase sur le constituant. Toutefois, l'ampleur de l'augmentation s'est révélé être significativement plus importante chez les locuteurs aveugles.

Finalement, tous les locuteurs ont augmenté la valeur de la fréquence fondamentale en condition d'emphase, quoiqu'il existe une différence interlocuteur importante, spécialement entre les voyants. Cependant, cette stratégie acoustique a davantage été exploitée chez les locuteurs aveugles puisque la différence entre les conditions s'est avérée significative.

B.5 Conclusion

Ce chapitre avait pour but premier de vérifier si les locuteurs aveugles avaient effectivement mis un accent sur le constituant sous emphase lors de la production du corpus d'enregistrement. Les résultats acoustiques ont permis de répondre par l'affirmative. En somme, ils suggèrent que les locuteurs voyants contrastent les voyelles de la condition neutre à la condition d'emphase en utilisant principalement des stratégies articulatoires, lesquelles ont, évidemment, des conséquences acoustiques directes, appuyant le modèle d'*Hyper-hypoarticulation* (De Jong, 1995). Cependant, il semblerait que les locuteurs aveugles utilisent des stratégies davantage acoustiques, telles l'augmentation de l'intensité et de la fréquence fondamentale, pour signaler l'emphase sur un constituant. La différence significative opposant les deux conditions quant aux valeurs de F1 suggère toutefois que les locuteurs non voyants emploieraient des stratégies articulatoires distinctes, tels différents mouvements linguaux. Il serait intéressant de poursuivre l'analyse en étudiant les mouvements de la langue dans la production de ces unités vocaliques sous emphase afin de comparer les stratégies articulatoires des locuteurs voyants et des non voyants.

APPENDICE C

MESURES ARTICULATOIRES : AIRE AUX LÈVRES ET DE PROTRUSION

Tableau C.1
Moyennes et écart type d'aire aux lèvres (en cm²) et de protrusion (en cm) selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	Condition	Aire		Protrusion	
			μ (cm ²)	σ (cm ²)	μ (cm)	σ (cm)
CE_v	[bab]	E	4.837	0.562	7.069	0.106
CE_v	[bib]	E	2.035	0.212	7.155	0.108
CE_v	[bub]	E	0.819	0.150	7.690	0.163
CE_v	[byb]	E	0.687	0.109	7.656	0.145
CE_v	[dad]	E	5.913	0.922	7.017	0.095
CE_v	[did]	E	3.100	0.409	7.070	0.138
CE_v	[dud]	E	1.145	0.259	7.713	0.197
CE_v	[dyd]	E	1.041	0.158	7.683	0.181
CE_v	[gag]	E	6.001	1.015	6.984	0.097
CE_v	[gig]	E	4.331	0.394	7.063	0.131
CE_v	[gug]	E	1.608	0.341	7.719	0.205
CE_v	[gyg]	E	1.289	0.232	7.605	0.158
CE_v	[bab]	N	4.003	0.606	7.113	0.119
CE_v	[bib]	N	1.370	0.256	7.237	0.078
CE_v	[bub]	N	0.625	0.126	7.744	0.133
CE_v	[byb]	N	0.628	0.116	7.693	0.149
CE_v	[dad]	N	5.064	0.712	7.071	0.083
CE_v	[did]	N	2.480	0.168	7.069	0.148
CE_v	[dud]	N	0.767	0.118	7.746	0.149
CE_v	[dyd]	N	0.807	0.142	7.678	0.133
CE_v	[gag]	N	5.350	0.617	7.039	0.077
CE_v	[gig]	N	3.660	0.528	7.101	0.129
CE_v	[gug]	N	1.204	0.129	7.735	0.165
CE_v	[gyg]	N	1.004	0.156	7.651	0.162
JPR_v	[bab]	E	4.360	0.772	9.788	0.348
JPR_v	[bib]	E	2.548	0.576	9.605	0.336

JPR_v	[bub]	E	0.740	0.277	10.734	0.294
JPR_v	[byb]	E	0.726	0.139	10.682	0.413
JPR_v	[dad]	E	5.457	0.974	9.361	0.348
JPR_v	[did]	E	3.886	0.672	9.166	0.328
JPR_v	[dud]	E	0.840	0.132	10.625	0.341
JPR_v	[dyd]	E	0.875	0.201	10.519	0.487
JPR_v	[gag]	E	6.724	0.673	9.200	0.251
JPR_v	[gig]	E	4.835	0.758	9.200	0.302
JPR_v	[gug]	E	1.338	0.251	10.666	0.268
JPR_v	[gyg]	E	0.914	0.134	10.415	0.456
JPR_v	[bab]	N	2.583	0.333	9.989	0.334
JPR_v	[bib]	N	0.902	0.571	9.920	0.300
JPR_v	[bub]	N	0.477	0.162	10.552	0.357
JPR_v	[byb]	N	0.405	0.064	10.544	0.362
JPR_v	[dad]	N	3.547	0.489	9.471	0.319
JPR_v	[did]	N	2.646	0.644	9.454	0.252
JPR_v	[dud]	N	0.552	0.123	10.653	0.353
JPR_v	[dyd]	N	0.574	0.097	10.500	0.492
JPR_v	[gag]	N	3.940	0.674	9.428	0.258
JPR_v	[gig]	N	3.262	0.972	9.554	0.231
JPR_v	[gug]	N	0.756	0.108	10.476	0.323
JPR_v	[gyg]	N	0.731	0.131	10.419	0.318
MBA_v	[bab]	E	3.137	0.332	9.023	0.199
MBA_v	[bib]	E	1.436	0.389	8.956	0.218
MBA_v	[bub]	E	0.466	0.095	9.697	0.237
MBA_v	[byb]	E	0.567	0.108	9.898	0.184
MBA_v	[dad]	E	3.069	0.436	8.965	0.285
MBA_v	[did]	E	2.180	0.591	8.842	0.210
MBA_v	[dud]	E	0.553	0.080	9.760	0.195
MBA_v	[dyd]	E	0.582	0.124	9.873	0.187
MBA_v	[gag]	E	3.571	0.595	8.917	0.155
MBA_v	[gig]	E	2.382	0.554	8.856	0.292
MBA_v	[gug]	E	0.733	0.134	9.978	0.178
MBA_v	[gyg]	E	0.741	0.128	9.822	0.197
MBA_v	[bab]	N	2.872	0.322	9.121	0.196
MBA_v	[bib]	N	0.836	0.101	9.188	0.213
MBA_v	[bub]	N	0.390	0.084	9.678	0.164
MBA_v	[byb]	N	0.437	0.038	9.776	0.142
MBA_v	[dad]	N	3.070	0.486	9.111	0.206
MBA_v	[did]	N	1.862	0.164	8.973	0.177
MBA_v	[dud]	N	0.506	0.073	9.766	0.209
MBA_v	[dyd]	N	0.480	0.083	9.819	0.230
MBA_v	[gag]	N	3.449	0.404	9.104	0.180
MBA_v	[gig]	N	2.232	0.254	9.104	0.222

MBA_v	[gug]	N	0.678	0.077	9.763	0.184
MBA_v	[gyg]	N	0.698	0.122	9.812	0.254
MO_v	[bab]	E	4.711	0.451	7.338	0.269
MO_v	[bib]	E	2.708	0.577	7.518	0.233
MO_v	[bub]	E	0.708	0.114	8.523	0.335
MO_v	[byb]	E	0.689	0.194	8.625	0.316
MO_v	[dad]	E	6.321	0.532	7.102	0.196
MO_v	[did]	E	3.439	0.486	7.246	0.236
MO_v	[dud]	E	0.874	0.380	8.743	0.312
MO_v	[dyd]	E	1.440	0.399	8.767	0.234
MO_v	[gag]	E	6.826	0.887	7.074	0.205
MO_v	[gig]	E	4.436	0.904	7.376	0.223
MO_v	[gug]	E	1.267	0.185	8.821	0.238
MO_v	[gyg]	E	1.546	0.464	8.758	0.282
MO_v	[bab]	N	3.004	0.744	7.559	0.259
MO_v	[bib]	N	1.290	0.296	7.738	0.233
MO_v	[bub]	N	0.435	0.063	8.417	0.314
MO_v	[byb]	N	0.430	0.053	8.512	0.289
MO_v	[dad]	N	3.968	0.407	7.348	0.228
MO_v	[did]	N	1.546	0.298	7.533	0.240
MO_v	[dud]	N	0.477	0.336	8.261	0.300
MO_v	[dyd]	N	0.568	0.115	8.318	0.300
MO_v	[gag]	N	4.216	0.528	7.332	0.218
MO_v	[gig]	N	2.290	0.391	7.618	0.232
MO_v	[gug]	N	0.506	0.067	8.337	0.245
MO_v	[gyg]	N	0.583	0.050	8.172	0.254

Tableau C.2
Moyennes et écart type d'aire aux lèvres (en cm²) et de protrusion (en cm) selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	Condition	Aire		Protrusion	
			μ (cm ²)	σ (cm ²)	μ (cm)	σ (cm)
FB_a	[bab]	E	3.196	0.326	4.736	0.199
FB_a	[bib]	E	1.755	0.365	4.912	0.240
FB_a	[bub]	E	1.048	0.255	4.998	0.231
FB_a	[byb]	E	0.848	0.122	5.224	0.244
FB_a	[dad]	E	3.379	0.577	4.701	0.152
FB_a	[did]	E	1.902	0.387	4.673	0.147
FB_a	[dud]	E	1.006	0.197	5.028	0.167
FB_a	[dyd]	E	1.127	0.387	4.976	0.244
FB_a	[gag]	E	3.602	0.389	4.699	0.201
FB_a	[gig]	E	2.833	0.528	4.694	0.167

FB_a	[gug]	E	1.127	0.096	5.109	0.209
FB_a	[gyg]	E	1.031	0.248	4.966	0.201
FB_a	[bab]	N	2.778	0.437	4.824	0.159
FB_a	[bib]	N	1.145	0.078	4.993	0.244
FB_a	[bub]	N	0.594	0.113	5.215	0.250
FB_a	[byb]	N	0.483	0.070	5.405	0.269
FB_a	[dad]	N	2.587	0.287	4.731	0.144
FB_a	[did]	N	1.201	0.154	4.813	0.152
FB_a	[dud]	N	0.578	0.086	5.155	0.189
FB_a	[dyd]	N	0.654	0.104	5.153	0.209
FB_a	[gag]	N	2.668	0.533	4.787	0.168
FB_a	[gig]	N	1.818	0.349	4.881	0.188
FB_a	[gug]	N	0.674	0.153	5.237	0.225
FB_a	[gyg]	N	0.586	0.139	5.127	0.228
DM_a	[bab]	E	3.442	0.419	8.429	0.223
DM_a	[bib]	E	1.335	0.213	8.530	0.307
DM_a	[bub]	E	0.480	0.077	9.023	0.422
DM_a	[byb]	E	0.495	0.052	8.843	0.282
DM_a	[dad]	E	3.849	0.206	8.500	0.282
DM_a	[did]	E	2.409	0.123	8.371	0.158
DM_a	[dud]	E	0.762	0.121	9.005	0.410
DM_a	[dyd]	E	0.657	0.108	9.108	0.339
DM_a	[gag]	E	4.040	0.388	8.544	0.289
DM_a	[gig]	E	2.488	0.293	8.466	0.197
DM_a	[gug]	E	0.767	0.095	9.218	0.356
DM_a	[gyg]	E	0.814	0.139	9.092	0.256
DM_a	[bab]	N	2.751	0.326	8.415	0.199
DM_a	[bib]	N	0.908	0.146	8.459	0.288
DM_a	[bub]	N	0.306	0.042	8.879	0.379
DM_a	[byb]	N	0.312	0.027	8.682	0.270
DM_a	[dad]	N	3.466	0.372	8.496	0.280
DM_a	[did]	N	1.849	0.095	8.401	0.157
DM_a	[dud]	N	0.544	0.062	8.855	0.311
DM_a	[dyd]	N	0.446	0.080	8.947	0.320
DM_a	[gag]	N	3.117	0.327	8.529	0.272
DM_a	[gig]	N	1.749	0.240	8.476	0.201
DM_a	[gug]	N	0.539	0.113	8.993	0.298
DM_a	[gyg]	N	0.554	0.089	8.844	0.317
MAR_a	[bab]	E	4.693	0.398	10.060	0.095
MAR_a	[bib]	E	2.474	0.213	10.104	0.148
MAR_a	[bub]	E	1.359	0.124	10.513	0.138
MAR_a	[byb]	E	1.213	0.173	10.425	0.110
MAR_a	[dad]	E	4.401	0.423	9.960	0.106
MAR_a	[did]	E	2.410	0.290	10.003	0.102

MAR_a	[dud]	E	1.356	0.146	10.227	0.176
MAR_a	[dyd]	E	1.148	0.097	10.270	0.173
MAR_a	[gag]	E	4.792	0.645	10.095	0.114
MAR_a	[gig]	E	3.001	0.242	10.105	0.168
MAR_a	[gug]	E	1.526	0.123	10.335	0.165
MAR_a	[gyg]	E	1.469	0.106	10.274	0.119
MAR_a	[bab]	N	3.850	0.354	10.105	0.098
MAR_a	[bib]	N	1.956	0.278	10.149	0.139
MAR_a	[bub]	N	0.945	0.171	10.459	0.112
MAR_a	[byb]	N	0.934	0.124	10.416	0.098
MAR_a	[dad]	N	3.660	0.440	10.065	0.111
MAR_a	[did]	N	2.122	0.228	10.058	0.143
MAR_a	[dud]	N	1.254	0.250	10.267	0.138
MAR_a	[dyd]	N	1.087	0.100	10.258	0.153
MAR_a	[gag]	N	3.940	0.481	10.112	0.103
MAR_a	[gig]	N	2.539	0.294	10.101	0.164
MAR_a	[gug]	N	1.477	0.079	10.252	0.138
MAR_a	[gyg]	N	1.340	0.106	10.165	0.143
YL_a	[bab]	E	3.090	0.334	11.986	0.305
YL_a	[bib]	E	1.311	0.158	12.209	0.291
YL_a	[bub]	E	0.746	0.171	12.593	0.239
YL_a	[byb]	E	0.818	0.161	12.445	0.213
YL_a	[dad]	E	2.631	0.222	12.008	0.274
YL_a	[did]	E	1.284	0.283	12.032	0.231
YL_a	[dud]	E	0.741	0.130	12.566	0.155
YL_a	[dyd]	E	0.780	0.162	12.520	0.310
YL_a	[gag]	E	2.634	0.546	12.032	0.116
YL_a	[gig]	E	1.537	0.108	11.999	0.231
YL_a	[gug]	E	0.973	0.142	12.623	0.247
YL_a	[gyg]	E	0.927	0.092	12.326	0.232
YL_a	[bab]	N	2.394	0.349	12.017	0.294
YL_a	[bib]	N	1.013	0.108	12.178	0.253
YL_a	[bub]	N	0.551	0.117	12.665	0.265
YL_a	[byb]	N	0.527	0.142	12.488	0.145
YL_a	[dad]	N	2.024	0.352	12.006	0.248
YL_a	[did]	N	0.996	0.113	12.071	0.223
YL_a	[dud]	N	0.542	0.087	12.613	0.169
YL_a	[dyd]	N	0.591	0.070	12.448	0.228
YL_a	[gag]	N	2.115	0.339	12.059	0.238
YL_a	[gig]	N	1.272	0.130	12.053	0.255
YL_a	[gug]	N	0.790	0.159	12.566	0.228
YL_a	[gyg]	N	0.682	0.094	12.456	0.147

APPENDICE D

DISTANCES EUCLIDIENNES DES DONNÉES ARTICULATOIRES

Tableau D.1

Distances euclidiennes (en cm) opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE_V	JPR_v	MBA_v	MO_v
[b]	[a]	N/E	0,83	1,79	0,28	1,72
[d]	[a]	N/E	0,62	1,91	0,15	2,37
[g]	[a]	N/E	0,40	2,79	0,22	2,62
[b]	[i]	N/E	0,85	1,68	0,64	1,44
[d]	[i]	N/E	0,67	1,27	0,34	1,91
[g]	[i]	N/E	0,07	1,61	0,29	2,16
[b]	[u]	N/E	0,65	0,32	0,08	0,29
[d]	[u]	N/E	0,20	0,29	0,05	0,62
[g]	[u]	N/E	0,23	0,61	0,22	0,90
[b]	[y]	N/E	0,67	0,35	0,18	0,28
[d]	[y]	N/E	0,38	0,30	0,12	0,98
[g]	[y]	N/E	0,29	0,18	0,04	1,13

Tableau D.2

Distances euclidiennes (en cm) opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB_a	DM_a	MAR_a	YL_a
[b]	[a]	N/E	0,43	0,69	0,84	0,70
[d]	[a]	N/E	0,79	0,38	0,29	0,61
[g]	[a]	N/E	0,94	0,92	0,10	0,52
[b]	[i]	N/E	0,62	0,43	0,75	0,30
[d]	[i]	N/E	0,72	0,56	0,46	0,29
[g]	[i]	N/E	1,03	0,74	0,28	0,27
[b]	[u]	N/E	0,50	0,23	0,85	0,21
[d]	[u]	N/E	0,45	0,26	0,42	0,20
[g]	[u]	N/E	0,47	0,32	0,06	0,19

[b]	[y]	N/E	0,41	0,24	0,52	0,29
[d]	[y]	N/E	0,51	0,27	0,11	0,20
[g]	[y]	N/E	0,47	0,36	0,17	0,28

Tableau D.3

Distances euclidiennes (en cm) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE_V	JPR_v	MBA_v	MO_v
[b d g]	[a]	N/E	0,78	2,16	0,19	2,17
[b d g]	[i]	N/E	0,65	1,52	0,41	1,57
[b d g]	[u]	N/E	0,33	0,39	0,10	0,41
[b d g]	[y]	N/E	0,19	0,27	0,11	0,29

Tableau D.4

Distances euclidiennes (en cm) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB_a	DM_a	MAR_a	YL_a
[b d g]	[a]	N/E	0,72	0,67	0,81	0,61
[b d g]	[i]	N/E	0,79	0,58	0,42	0,28
[b d g]	[u]	N/E	0,47	0,27	0,19	0,19
[b d g]	[y]	N/E	0,46	0,29	0,16	0,24

Tableau D.5

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE_V	JPR_v	MBA_v	MO_v
[b]/[d]	[a]	E	1,08	1,18	0,09	1,63
[b]/[g]	[a]	E	1,17	2,44	0,45	2,13
[d]/[g]	[a]	E	0,09	1,28	0,50	0,51
[b]/[d]	[a]	N	1,06	1,10	0,20	0,99
[b]/[g]	[a]	N	1,35	1,47	0,58	1,23
[d]/[g]	[a]	N	0,29	0,40	0,38	0,25
[b]/[d]	[i]	E	1,07	1,41	0,75	0,78
[b]/[g]	[i]	E	2,30	2,32	0,95	1,73
[d]/[g]	[i]	E	1,23	0,95	0,20	1,01
[b]/[d]	[i]	N	1,12	1,81	1,05	0,33
[b]/[g]	[i]	N	2,29	2,39	1,40	1,01
[d]/[g]	[i]	N	1,18	0,62	0,39	0,75
[b]/[d]	[u]	E	0,33	0,15	0,11	0,28
[b]/[g]	[u]	E	0,79	0,60	0,39	0,63

[d]/[g]	[u]	E	0,46	0,50	0,28	0,40
[b]/[d]	[u]	N	0,14	0,13	0,15	0,16
[b]/[g]	[u]	N	0,58	0,29	0,30	0,11
[d]/[g]	[u]	N	0,44	0,27	0,17	0,08
[b]/[d]	[y]	E	0,35	0,22	0,03	0,76
[b]/[g]	[y]	E	0,60	0,33	0,19	0,87
[d]/[g]	[y]	E	0,26	0,11	0,17	0,11
[b]/[d]	[y]	N	0,18	0,17	0,06	0,24
[b]/[g]	[y]	N	0,38	0,35	0,26	0,37
[d]/[g]	[y]	N	0,20	0,18	0,22	0,15

Tableau D.6

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB_a	DM_a	MAR_a	YL_a
[b]/[d]	[a]	E	0,19	0,41	0,31	0,46
[b]/[g]	[a]	E	0,41	0,61	0,10	0,46
[d]/[g]	[a]	E	0,22	0,20	0,41	0,02
[b]/[d]	[a]	N	0,21	0,72	0,20	0,37
[b]/[g]	[a]	N	0,12	0,38	0,09	0,28
[d]/[g]	[a]	N	0,10	0,35	0,28	0,11
[b]/[d]	[i]	E	0,28	1,09	0,12	0,18
[b]/[g]	[i]	E	1,10	1,15	0,53	0,31
[d]/[g]	[i]	E	0,93	0,12	0,60	0,26
[b]/[d]	[i]	N	0,19	0,94	0,19	0,11
[b]/[g]	[i]	N	0,68	0,84	0,58	0,29
[d]/[g]	[i]	N	0,62	0,12	0,42	0,28
[b]/[d]	[u]	E	0,05	0,24	0,29	0,03
[b]/[g]	[u]	E	0,14	0,26	0,24	0,23
[d]/[g]	[u]	E	0,15	0,14	0,20	0,24
[b]/[d]	[u]	N	0,06	0,28	0,36	0,05
[b]/[g]	[u]	N	0,08	0,35	0,57	0,26
[d]/[g]	[u]	N	0,13	0,21	0,22	0,25
[b]/[d]	[y]	E	0,37	0,30	0,17	0,08
[b]/[g]	[y]	E	0,32	0,29	0,30	0,16
[d]/[g]	[y]	E	0,10	0,15	0,32	0,24
[b]/[d]	[y]	N	0,30	0,31	0,22	0,08
[b]/[g]	[y]	N	0,30	0,40	0,48	0,16
[d]/[g]	[y]	N	0,07	0,16	0,27	0,09

Tableau D.7

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE V	JPR v	MBA v	MO v
[b]	[a]/[i]	E	2,80	1,82	1,70	2,01
[b]	[a]/[u]	E	4,07	3,74	2,75	4,17
[b]	[a]/[y]	E	4,19	3,74	2,72	4,22
[b]	[i]/[u]	E	1,33	2,13	1,22	2,24
[b]	[i]/[y]	E	1,44	2,12	1,28	2,30
[b]	[u]/[y]	E	0,14	0,05	0,22	0,10
[b]	[a]/[i]	N	2,64	1,68	2,04	1,72
[b]	[a]/[u]	N	3,44	2,18	2,54	2,71
[b]	[a]/[y]	N	3,42	2,25	2,52	2,74
[b]	[i]/[u]	N	0,90	0,76	0,66	1,09
[b]	[i]/[y]	N	0,87	0,80	0,71	1,16
[b]	[u]/[y]	N	0,05	0,07	0,11	0,10
[d]	[a]/[i]	E	2,81	1,58	0,90	2,89
[d]	[a]/[u]	E	4,82	4,79	2,64	5,69
[d]	[a]/[y]	E	4,92	4,73	2,65	5,16
[d]	[i]/[u]	E	2,06	3,38	1,87	2,97
[d]	[i]/[y]	E	2,15	3,30	1,90	2,51
[d]	[u]/[y]	E	0,11	0,11	0,12	0,57
[d]	[a]/[i]	N	2,58	0,90	1,22	2,43
[d]	[a]/[u]	N	4,35	3,22	2,65	3,61
[d]	[a]/[y]	N	4,3	3,15	2,69	3,54
[d]	[i]/[u]	N	1,84	2,41	1,57	1,29
[d]	[i]/[y]	N	1,78	2,32	1,62	1,25
[d]	[u]/[y]	N	0,08	0,15	0,06	0,11
[g]	[a]/[i]	E	1,67	1,89	1,19	2,41
[g]	[a]/[u]	E	4,45	5,58	3,03	5,83
[g]	[a]/[y]	E	4,75	5,94	2,97	5,54
[g]	[i]/[u]	E	2,80	3,79	1,99	3,48
[g]	[i]/[y]	E	3,09	4,10	1,90	3,20
[g]	[u]/[y]	E	0,34	0,49	0,16	0,29
[g]	[a]/[i]	N	1,69	0,69	1,22	1,95
[g]	[a]/[u]	N	4,20	3,35	2,85	3,84
[g]	[a]/[y]	N	4,39	3,36	2,84	3,73
[g]	[i]/[u]	N	2,54	2,67	1,69	1,92
[g]	[i]/[y]	N	2,71	2,67	1,69	1,79
[g]	[u]/[y]	N	0,22	0,06	0,05	0,18

Tableau D.8

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB _a	DM _a	MAR _a	YL _a
[b]	[a]/[i]	E	1,45	2,11	2,22	1,79
[b]	[a]/[u]	E	2,16	3,02	3,36	2,42
[b]	[a]/[y]	E	2,40	2,98	3,50	2,32
[b]	[i]/[u]	E	0,71	0,99	1,19	0,68
[b]	[i]/[y]	E	0,96	0,90	1,30	0,55
[b]	[u]/[y]	E	0,30	0,18	0,17	0,16
[b]	[a]/[i]	N	1,64	1,84	1,89	1,39
[b]	[a]/[u]	N	2,22	2,49	2,93	1,95
[b]	[a]/[y]	N	2,37	2,45	2,93	1,93
[b]	[i]/[u]	N	0,59	0,73	1,06	0,67
[b]	[i]/[y]	N	0,78	0,64	1,06	0,58
[b]	[u]/[y]	N	0,22	0,20	0,04	0,18
[d]	[a]/[i]	E	1,48	1,45	1,99	1,35
[d]	[a]/[u]	E	2,40	3,13	3,06	1,97
[d]	[a]/[y]	E	2,27	3,25	3,27	1,92
[d]	[i]/[u]	E	0,96	1,76	1,08	0,76
[d]	[i]/[y]	E	0,83	1,90	1,29	0,70
[d]	[u]/[y]	E	0,13	0,15	0,21	0,06
[d]	[a]/[i]	N	1,39	1,62	1,54	1,03
[d]	[a]/[u]	N	2,05	2,94	2,41	1,60
[d]	[a]/[y]	N	1,98	3,05	2,58	1,50
[d]	[i]/[u]	N	0,71	1,38	0,89	0,71
[d]	[i]/[y]	N	0,64	1,51	1,05	0,55
[d]	[u]/[y]	N	0,08	0,13	0,17	0,17
[g]	[a]/[i]	E	0,77	1,55	1,79	1,10
[g]	[a]/[u]	E	2,51	3,34	3,28	1,76
[g]	[a]/[y]	E	2,58	3,27	3,33	1,73
[g]	[i]/[u]	E	1,76	1,88	1,49	0,84
[g]	[i]/[y]	E	1,82	1,79	1,54	0,69
[g]	[u]/[y]	E	0,17	0,13	0,08	0,30
[g]	[a]/[i]	N	0,86	1,37	1,40	0,84
[g]	[a]/[u]	N	2,04	2,62	2,47	1,42
[g]	[a]/[y]	N	2,11	2,58	2,60	1,49
[g]	[i]/[u]	N	1,20	1,32	1,07	0,70
[g]	[i]/[y]	N	1,26	1,25	1,20	0,71
[g]	[u]/[y]	N	0,14	0,15	0,16	0,15

Tableau D.9

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE_v	JPR_v	MBA_v	MO_v
[b d g]	[a]/[i]	E	2,43	1,76	1,26	2,43
[b d g]	[a]/[u]	E	4,45	4,70	2,80	5,23
[b d g]	[a]/[y]	E	4,62	4,80	2,78	4,97
[b d g]	[i]/[u]	E	2,06	3,09	1,69	2,89
[b d g]	[i]/[y]	E	2,22	3,16	1,68	2,66
[b d g]	[u]/[y]	E	0,19	0,19	0,07	0,28
[b d g]	[a]/[i]	N	2,30	1,09	1,49	2,03
[b d g]	[a]/[u]	N	4,00	2,91	2,68	3,39
[b d g]	[a]/[y]	N	4,04	2,92	2,68	3,33
[b d g]	[i]/[u]	N	1,75	1,91	1,29	1,42
[b d g]	[i]/[y]	N	1,77	1,90	1,32	1,38
[b d g]	[u]/[y]	N	0,09	0,08	0,07	0,05

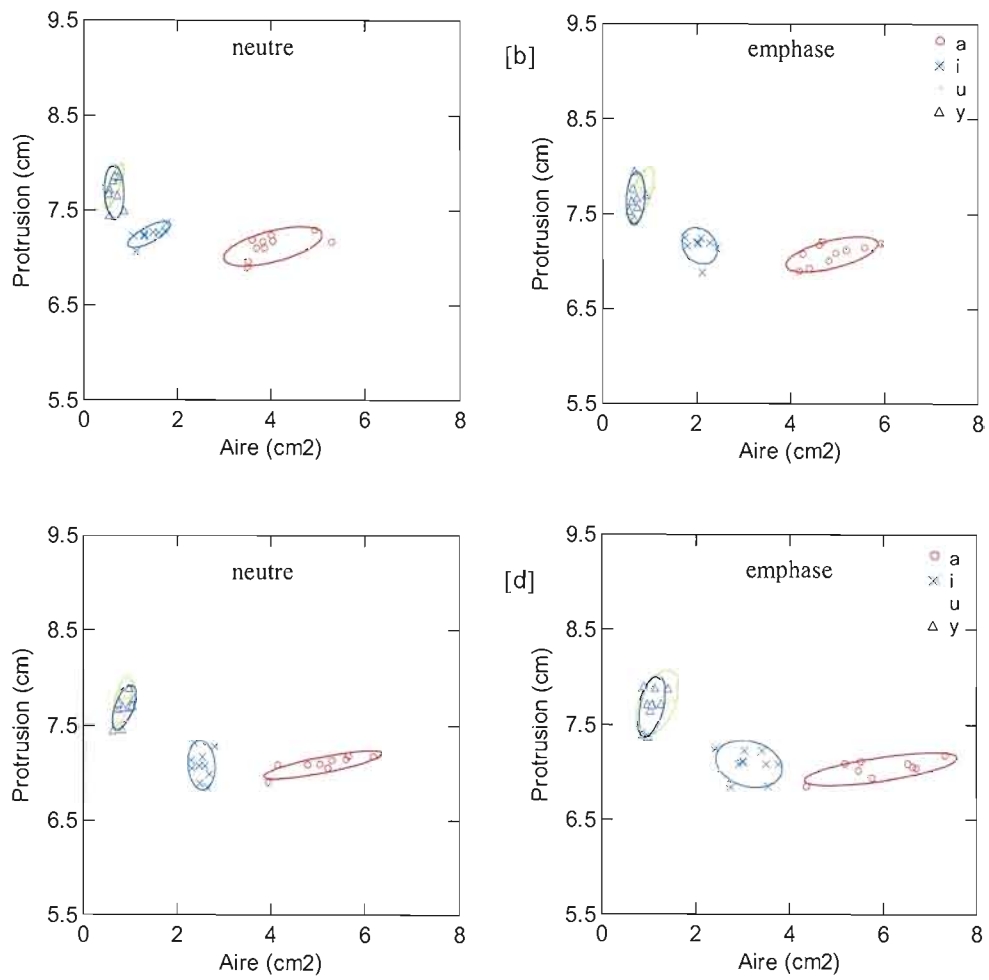
Tableau D.10

Distances euclidiennes (en cm) opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB_a	DM_a	MAR_a	YL_a
[b d g]	[a]/[i]	E	1,23	1,70	2,00	2,05
[b d g]	[a]/[u]	E	2,36	3,16	3,23	1,99
[b d g]	[a]/[y]	E	2,41	3,17	3,36	2,05
[b d g]	[i]/[u]	E	1,14	1,54	1,25	0,76
[b d g]	[i]/[y]	E	1,20	1,53	1,37	0,64
[b d g]	[u]/[y]	E	0,06	0,07	0,14	0,17
[b d g]	[a]/[i]	N	1,30	1,61	1,61	1,66
[b d g]	[a]/[u]	N	2,11	2,68	2,60	1,64
[b d g]	[a]/[y]	N	2,15	2,70	2,70	1,66
[b d g]	[i]/[u]	N	0,83	1,14	1,01	0,69
[b d g]	[i]/[y]	N	0,88	1,13	1,10	0,61
[b d g]	[u]/[y]	N	0,05	0,09	0,11	0,15

APPENDICE E

ESPACES ARTICULATOIRES LABIAUX



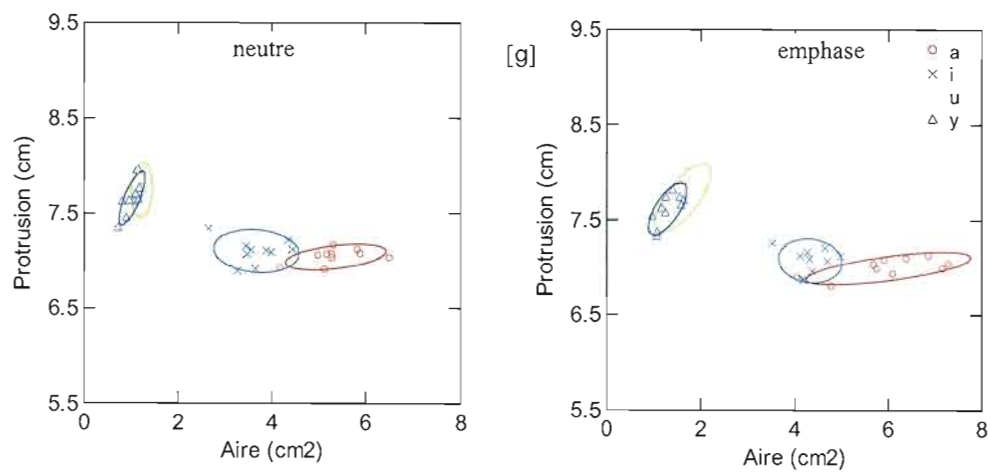
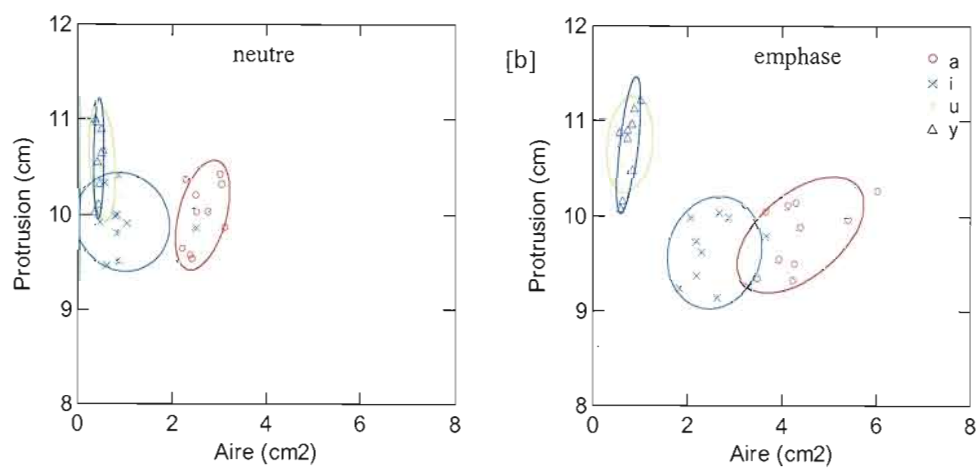


Figure E.1 Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice CE_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



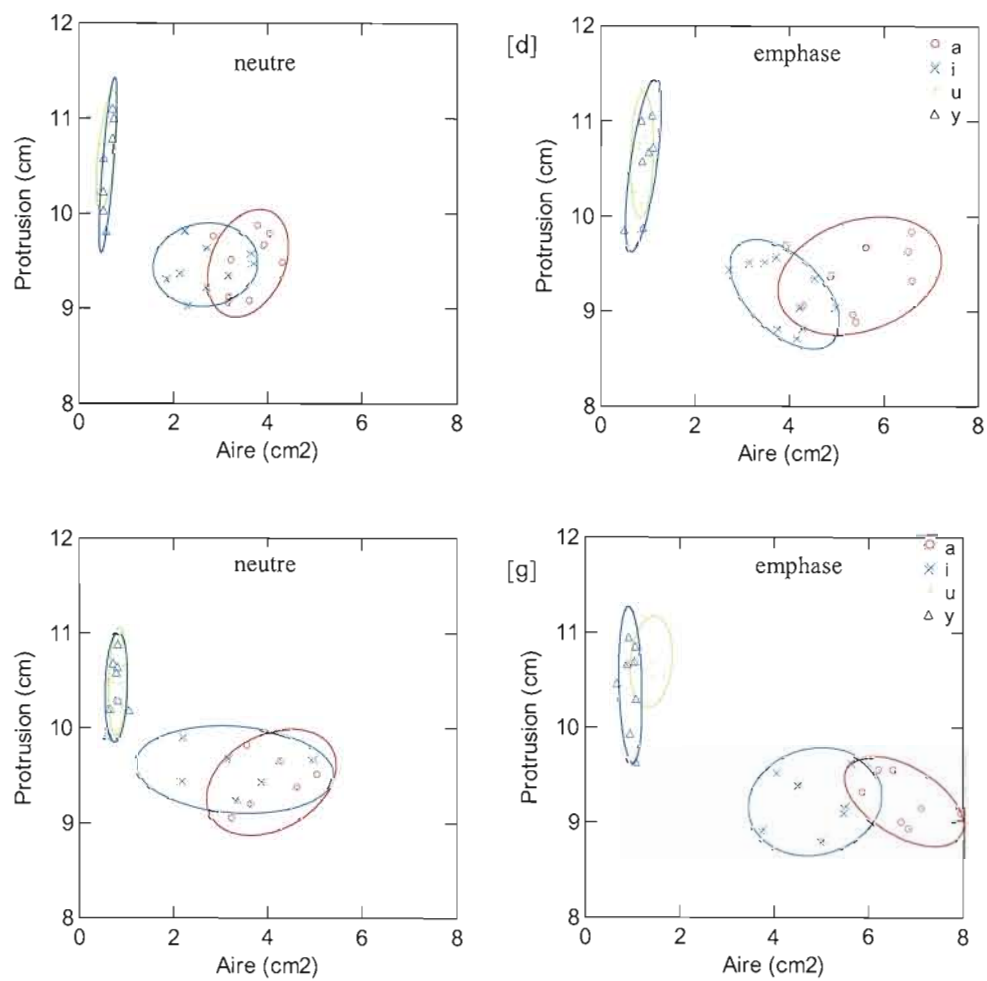
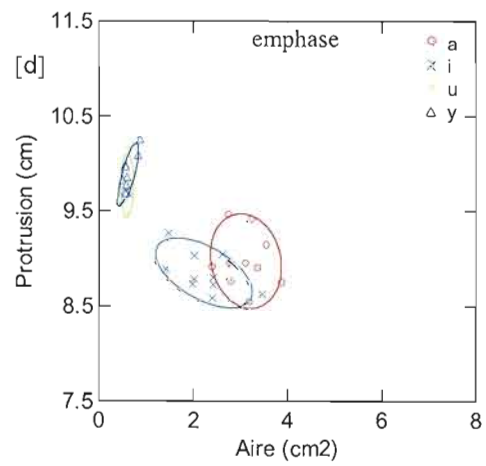
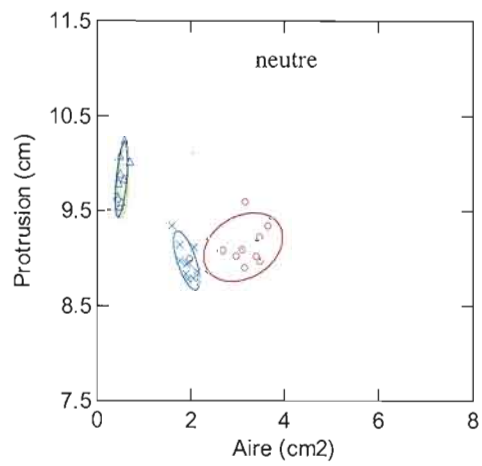
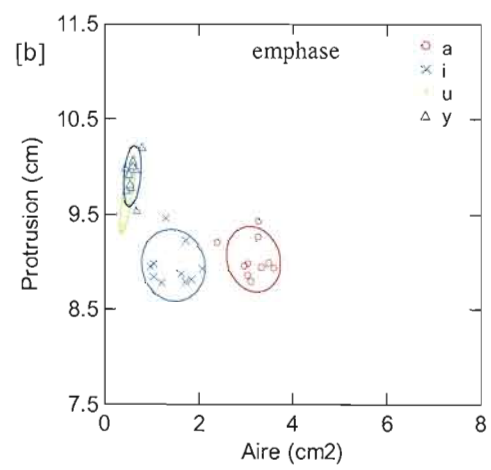
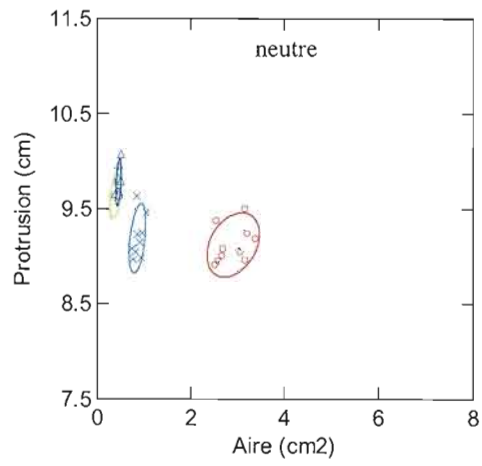


Figure E.2 Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice JPR_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



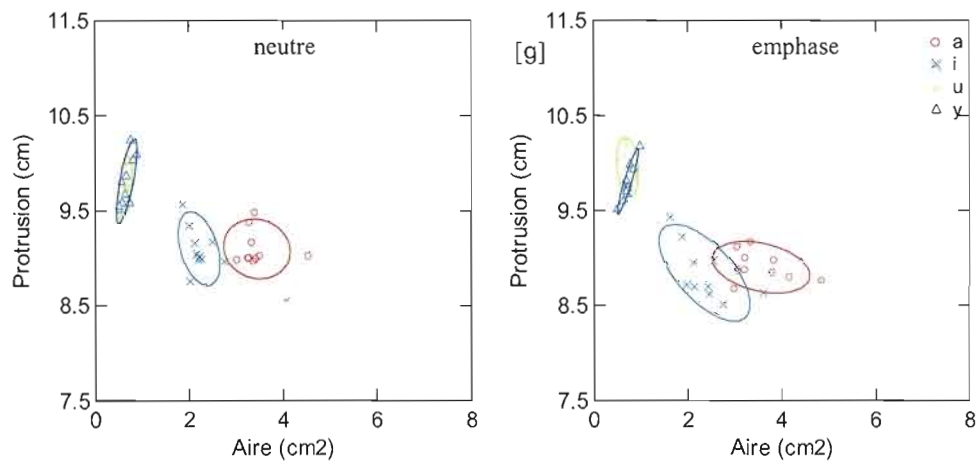
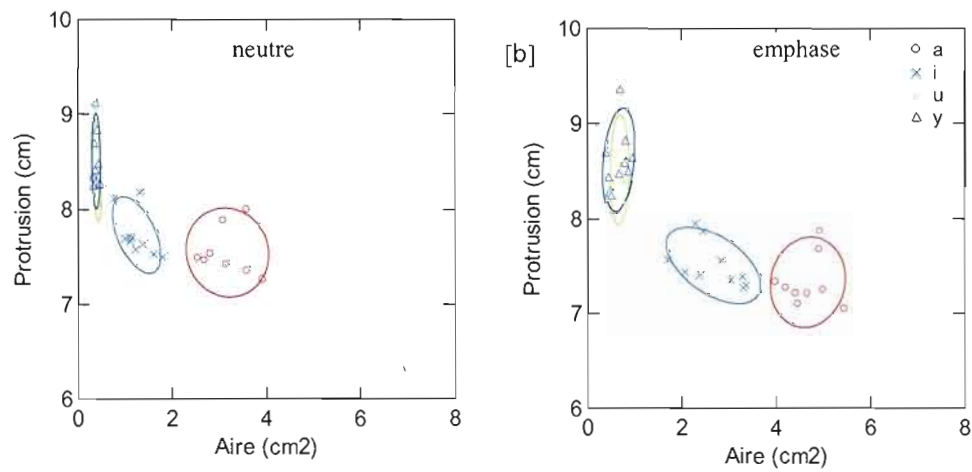


Figure E.3 Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MBA_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



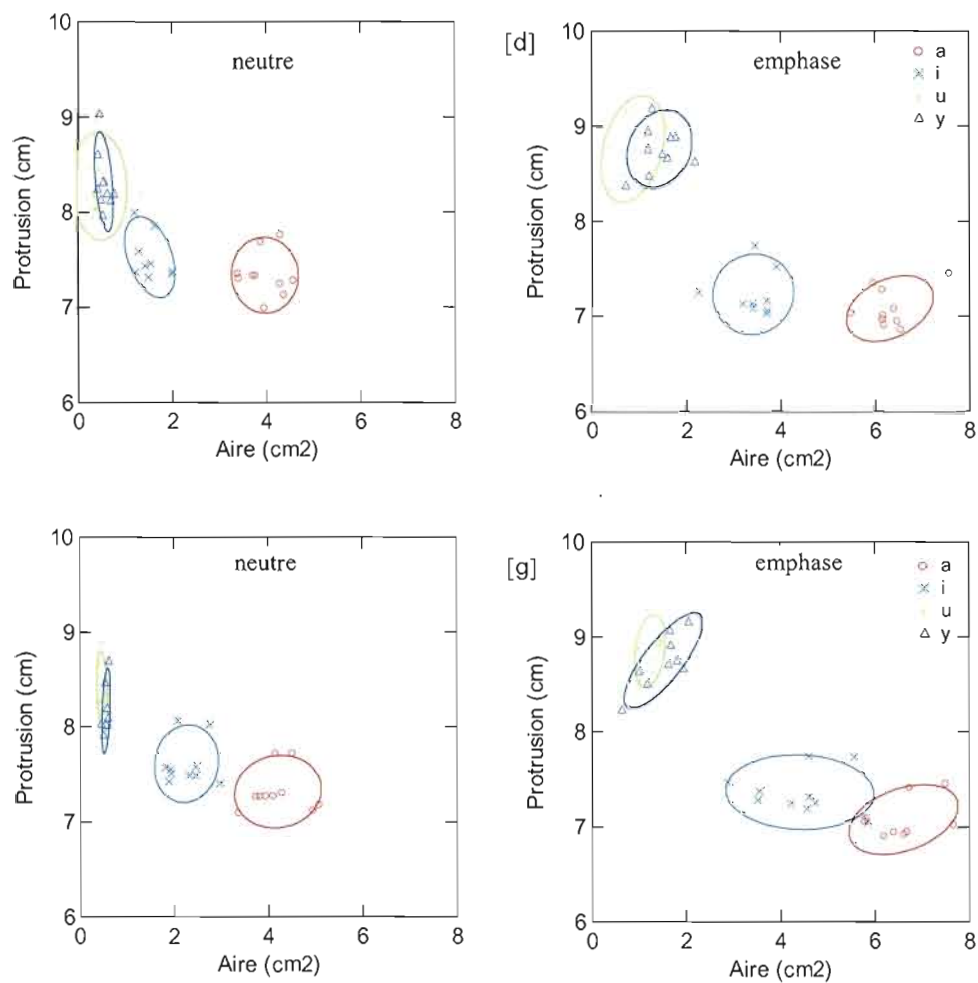
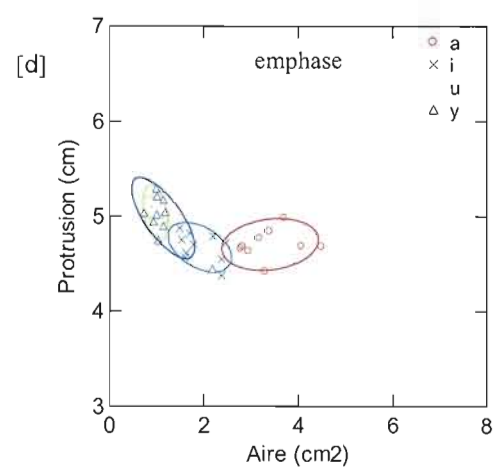
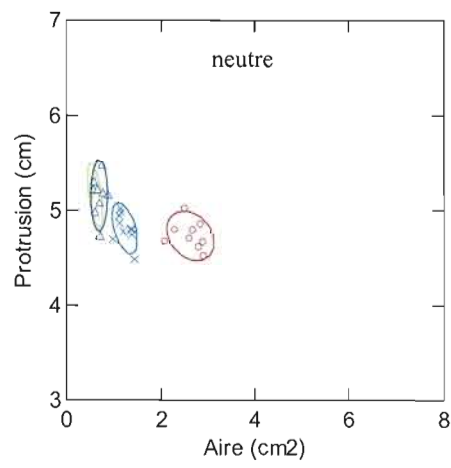
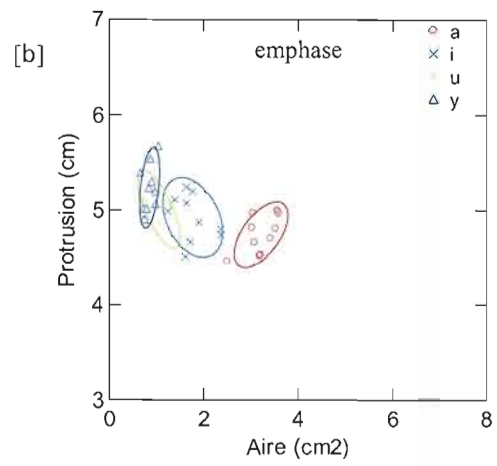
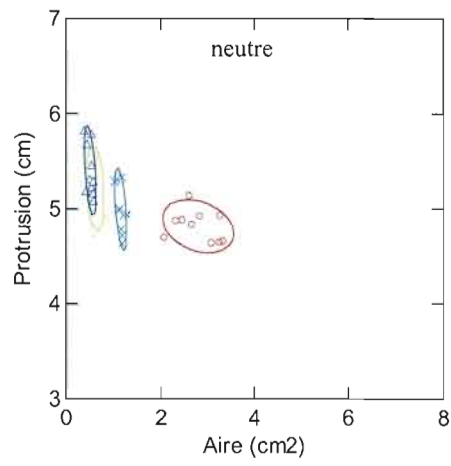


Figure E.4 Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MO_v selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



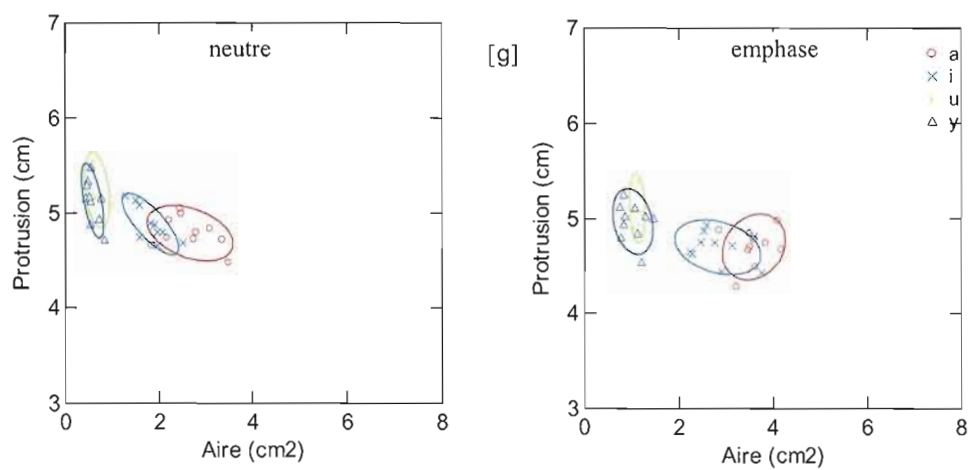
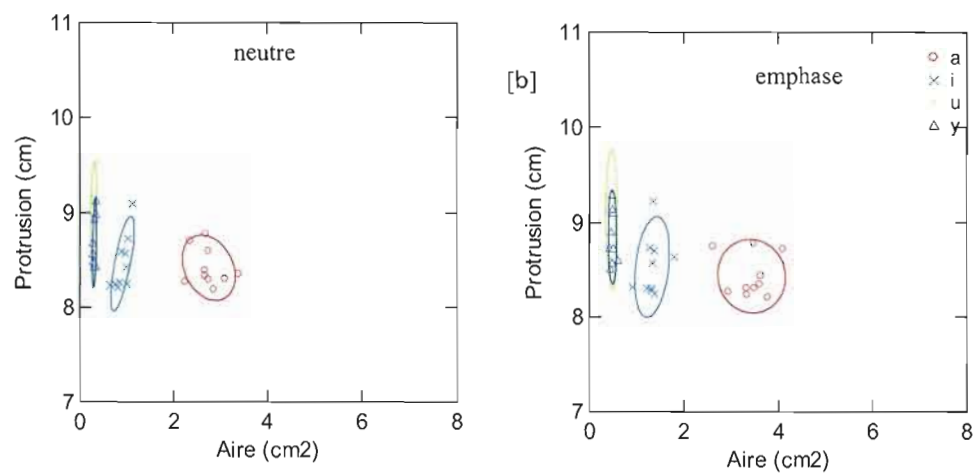


Figure E.5 Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice FB_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



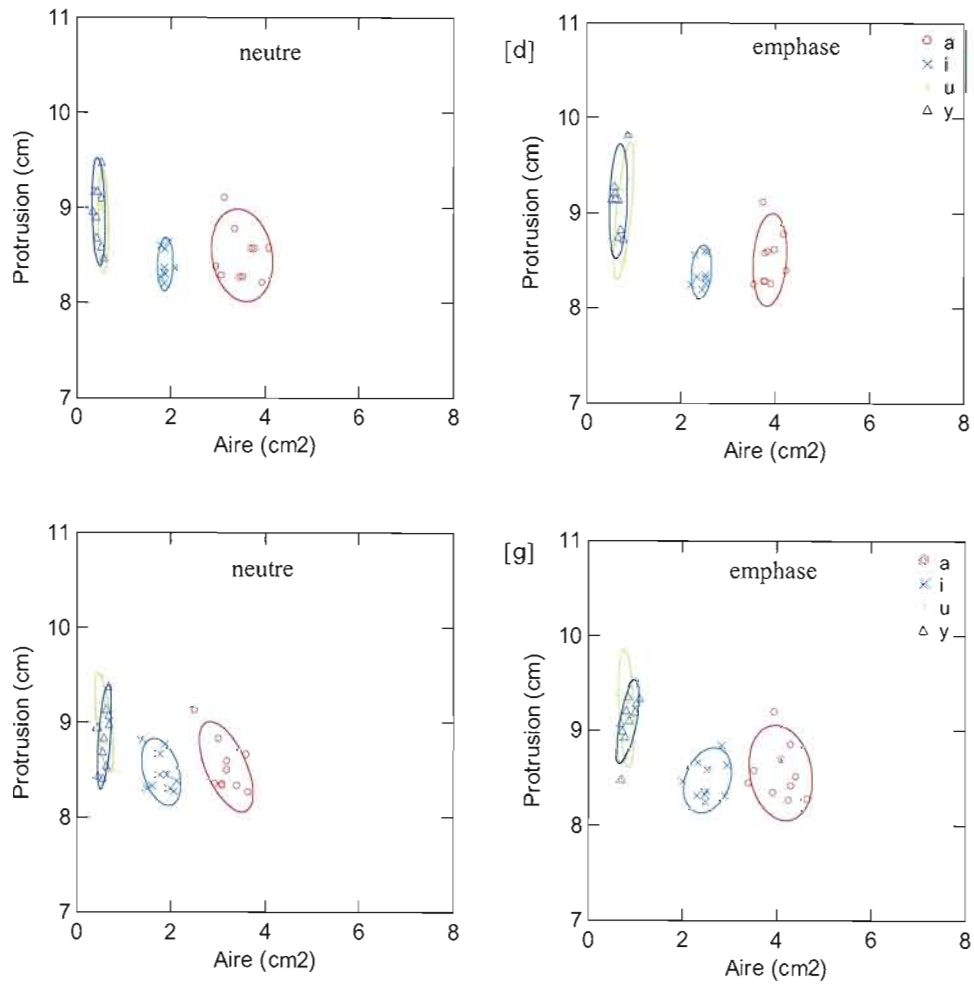
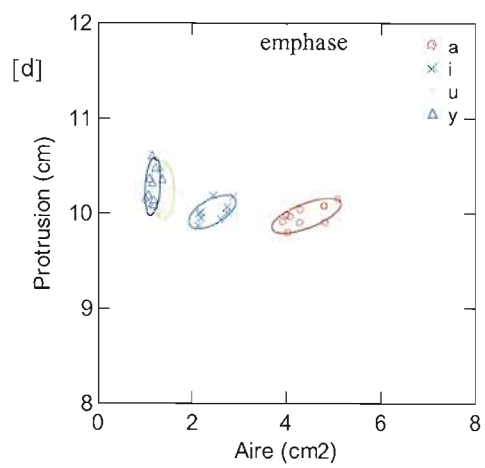
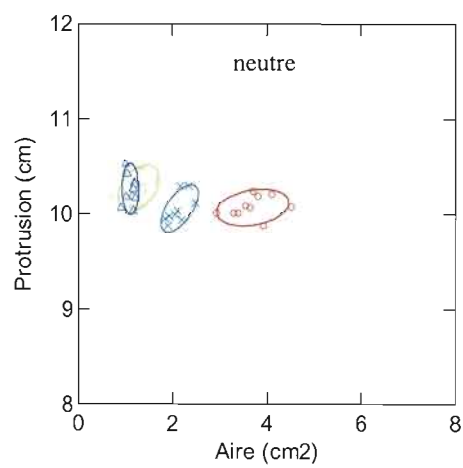
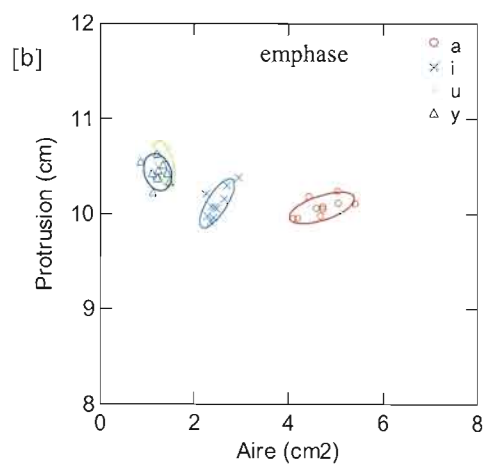
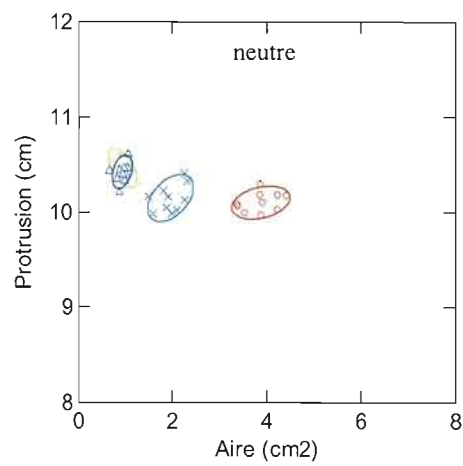


Figure E.6 Espaces articulatoires de la dynamique labiale de la locutrice DM_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



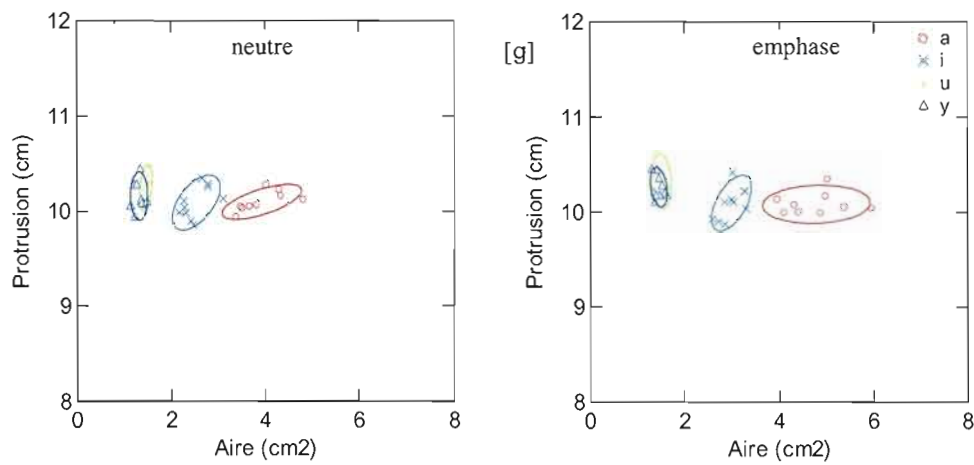
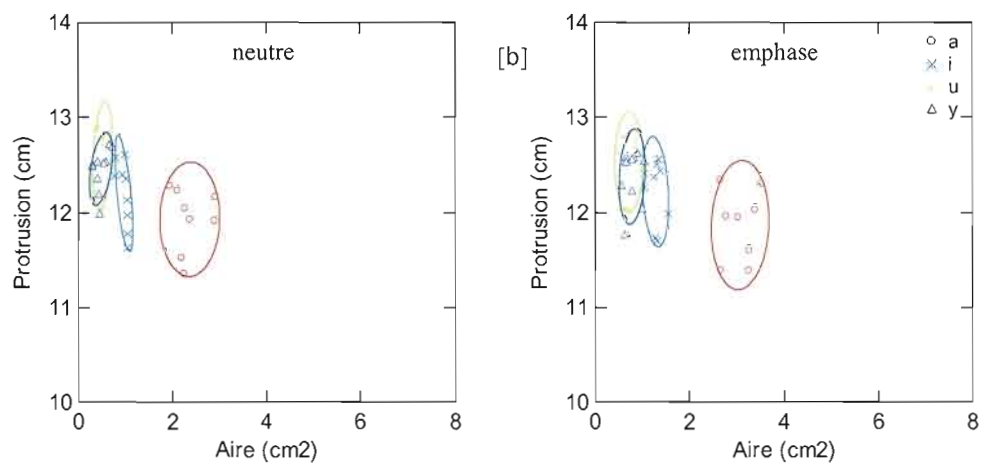


Figure E.7 Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur MAR_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.



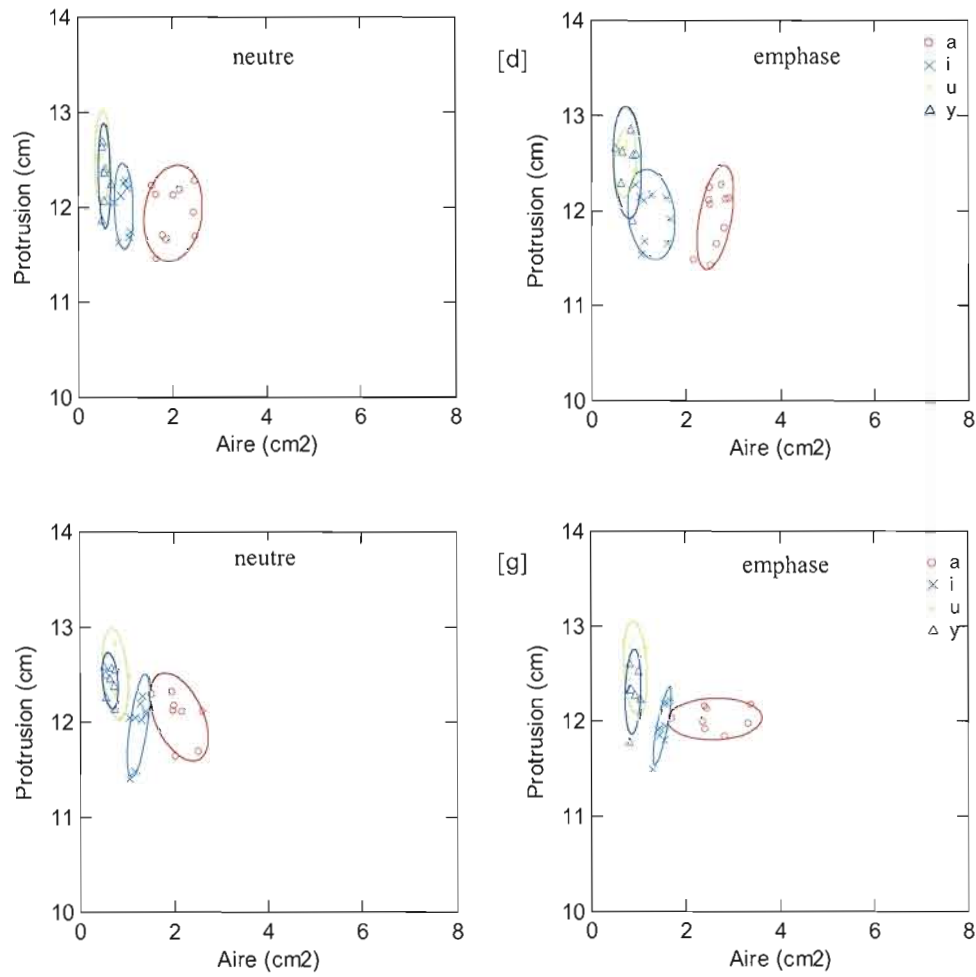


Figure E.8 Espaces articulatoires de la dynamique labiale du locuteur YL_a selon la condition prosodique et le contexte consonantique.

APPENDICE F

DONNÉES ACOUSTIQUES

Tableau F.1
Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) des valeurs de formantique F1 et F2 (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	Cond	n	F1 (Hertz)			F2 (Hertz)		
				μ	σ	σ / μ	μ	σ	σ / μ
CE_v	[bab]	N	10	869.85	16.80	0.02	1681.33	32.14	0.02
CE_v	[dad]	N	10	864.89	18.48	0.02	1723.89	38.81	0.02
CE_v	[gag]	N	10	879.53	17.15	0.02	1757.47	40.87	0.02
CE_v	[bib]	N	10	428.26	24.96	0.06	2267.02	54.57	0.02
CE_v	[did]	N	10	463.08	17.73	0.04	1915.40	66.82	0.03
CE_v	[gig]	N	10	408.42	36.90	0.09	2443.82	45.31	0.02
CE_v	[bub]	N	10	486.24	6.73	0.01	1017.69	40.48	0.04
CE_v	[dud]	N	10	477.54	10.92	0.02	1417.00	82.87	0.06
CE_v	[gug]	N	10	455.47	16.27	0.04	1187.08	34.76	0.03
CE_v	[byb]	N	10	444.17	30.84	0.07	1747.41	57.69	0.03
CE_v	[dyd]	N	10	457.93	34.86	0.08	1688.89	33.10	0.02
CE_v	[gyg]	N	10	453.95	22.91	0.05	2047.82	50.65	0.02
CE_v	[bab]	E	10	932.13	22.99	0.02	1629.64	33.98	0.02
CE_v	[dad]	E	10	903.64	48.38	0.05	1652.12	38.65	0.02
CE_v	[gag]	E	10	885.33	16.78	0.02	1679.74	41.55	0.02
CE_v	[bib]	E	10	492.77	39.63	0.08	2347.05	45.19	0.02
CE_v	[did]	E	10	559.42	26.80	0.05	2014.09	47.30	0.02
CE_v	[gig]	E	10	515.73	54.93	0.11	2476.40	48.66	0.02
CE_v	[bub]	E	10	570.92	33.06	0.06	1049.06	97.32	0.09
CE_v	[dud]	E	10	583.30	32.93	0.06	1367.23	67.17	0.05
CE_v	[gug]	E	10	593.52	28.05	0.05	1274.80	113.25	0.09
CE_v	[byb]	E	10	544.09	25.81	0.05	1745.07	58.82	0.03
CE_v	[dyd]	E	10	552.56	41.48	0.08	1681.38	45.49	0.03
CE_v	[gyg]	E	10	550.23	39.54	0.07	2021.14	24.62	0.01
JPR_v	[bab]	N	10	753.41	22.82	0.03	1913.96	36.44	0.02
JPR_v	[dad]	N	10	736.50	28.99	0.04	2049.87	27.84	0.01
JPR_v	[gag]	N	10	716.84	19.76	0.03	2149.81	51.85	0.02

JPR_v	[bib]	N	10	476.47	25.13	0.05	2438.98	40.56	0.02
JPR_v	[did]	N	10	505.44	23.32	0.05	2281.99	72.01	0.03
JPR_v	[gig]	N	10	490.22	25.43	0.05	2727.25	61.96	0.02
JPR_v	[bub]	N	10	456.87	48.05	0.11	947.64	87.23	0.09
JPR_v	[dud]	N	10	480.57	36.47	0.08	1310.39	48.18	0.04
JPR_v	[gug]	N	10	463.11	51.53	0.11	1195.45	60.52	0.05
JPR_v	[byb]	N	10	446.48	31.38	0.07	1901.07	47.97	0.03
JPR_v	[dyd]	N	9	500.96	17.73	0.04	1982.37	42.96	0.02
JPR_v	[gyg]	N	10	482.99	26.31	0.05	2084.41	35.81	0.02
JPR_v	[bab]	E	10	875.85	37.30	0.04	1742.48	83.54	0.05
JPR_v	[dad]	E	10	916.68	31.72	0.03	1885.81	47.19	0.03
JPR_v	[gag]	E	10	919.54	20.97	0.02	1996.68	58.93	0.03
JPR_v	[bib]	E	10	516.49	9.93	0.02	2636.37	54.94	0.02
JPR_v	[did]	E	10	533.94	11.39	0.02	2505.63	74.66	0.03
JPR_v	[gig]	E	10	516.13	8.00	0.02	2771.69	95.53	0.03
JPR_v	[bub]	E	10	546.75	31.33	0.06	947.64	87.23	0.09
JPR_v	[dud]	E	10	555.20	33.89	0.06	1368.45	123.68	0.09
JPR_v	[gug]	E	10	532.85	26.80	0.05	1167.86	94.54	0.08
JPR_v	[byb]	E	10	525.26	11.75	0.02	1829.71	38.30	0.02
JPR_v	[dyd]	E	9	555.33	27.34	0.05	1864.45	74.02	0.04
JPR_v	[gyg]	E	10	536.34	32.71	0.06	1939.60	48.36	0.02
MBA_v	[bab]	N	10	649.76	19.18	0.03	1433.13	36.78	0.03
MBA_v	[dad]	N	10	621.99	21.03	0.03	1570.42	21.51	0.01
MBA_v	[gag]	N	10	607.87	15.27	0.03	1676.68	65.48	0.04
MBA_v	[bib]	N	10	361.41	20.20	0.06	1928.35	21.89	0.01
MBA_v	[did]	N	10	363.76	19.14	0.05	1894.90	28.83	0.02
MBA_v	[gig]	N	10	338.48	12.44	0.04	2072.41	26.65	0.01
MBA_v	[bub]	N	10	398.24	14.47	0.04	857.28	27.21	0.03
MBA_v	[dud]	N	10	375.14	23.57	0.06	1197.66	49.39	0.04
MBA_v	[gug]	N	10	362.31	19.19	0.05	933.09	21.42	0.02
MBA_v	[byb]	N	10	380.28	21.89	0.06	1466.97	28.77	0.02
MBA_v	[dyd]	N	10	352.29	12.54	0.04	1609.21	33.83	0.02
MBA_v	[gyg]	N	10	352.66	18.36	0.05	1727.82	46.76	0.03
MBA_v	[bab]	E	10	712.01	15.16	0.02	1443.95	37.49	0.03
MBA_v	[dad]	E	10	696.89	21.37	0.03	1539.08	31.92	0.02
MBA_v	[gag]	E	10	661.48	23.70	0.04	1767.87	42.98	0.02
MBA_v	[bib]	E	10	379.26	17.52	0.05	1958.46	28.04	0.01
MBA_v	[did]	E	10	403.30	27.96	0.07	1934.43	23.92	0.01
MBA_v	[gig]	E	10	364.73	23.38	0.06	2112.77	38.38	0.02
MBA_v	[bub]	E	10	439.36	23.07	0.05	880.49	16.28	0.02
MBA_v	[dud]	E	10	428.28	22.66	0.05	1086.07	49.02	0.05
MBA_v	[gug]	E	10	419.35	35.18	0.08	921.62	22.80	0.02
MBA_v	[byb]	E	10	404.48	23.65	0.06	1453.25	30.11	0.02
MBA_v	[dyd]	E	10	389.07	22.23	0.06	1560.08	37.09	0.02

MBA_v	[gyg]	E	10	404.00	20.96	0.05	1689.24	56.32	0.03
MO_v	[bab]	N	10	706.60	28.36	0.04	1551.84	29.86	0.02
MO_v	[dad]	N	10	698.57	21.61	0.03	1621.39	18.74	0.01
MO_v	[gag]	N	10	695.00	17.29	0.02	1669.37	21.94	0.01
MO_v	[bib]	N	10	372.17	20.15	0.05	1920.92	43.71	0.02
MO_v	[did]	N	10	387.71	19.37	0.05	1746.49	37.67	0.02
MO_v	[gig]	N	10	365.44	15.71	0.04	1990.22	28.77	0.01
MO_v	[bub]	N	10	440.32	37.28	0.08	815.21	42.73	0.05
MO_v	[dud]	N	10	409.03	19.81	0.05	1319.98	91.07	0.07
MO_v	[gug]	N	10	405.00	26.34	0.07	1034.09	55.56	0.05
MO_v	[byb]	N	10	386.94	6.91	0.02	1549.27	25.66	0.02
MO_v	[dyd]	N	10	396.10	25.87	0.07	1596.23	21.57	0.01
MO_v	[gyg]	N	9	361.03	7.33	0.02	1667.46	36.38	0.02
MO_v	[bab]	E	10	766.38	31.99	0.04	1556.88	32.14	0.02
MO_v	[dad]	E	10	739.36	23.11	0.03	1680.90	21.31	0.01
MO_v	[gag]	E	10	735.95	19.48	0.03	1674.75	33.29	0.02
MO_v	[bib]	E	10	368.64	9.11	0.02	1981.07	18.28	0.01
MO_v	[did]	E	10	396.21	15.73	0.04	1822.00	36.15	0.02
MO_v	[gig]	E	10	376.28	13.95	0.04	2014.41	28.15	0.01
MO_v	[bub]	E	10	445.54	27.07	0.06	810.40	42.16	0.05
MO_v	[dud]	E	10	408.38	16.79	0.04	1278.21	76.07	0.06
MO_v	[gug]	E	10	381.38	26.16	0.07	1036.25	59.04	0.06
MO_v	[byb]	E	10	384.07	9.61	0.03	1585.96	28.39	0.02
MO_v	[dyd]	E	10	386.43	10.47	0.03	1642.50	34.57	0.02
MO_v	[gyg]	E	9	378.12	10.73	0.03	1770.81	69.47	0.04

Tableau F.2

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) des valeurs de formantique F1 et F2 (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	Cond	n	F1 (Hertz)			F2 (Hertz)		
				μ	σ	σ / μ	μ	σ	σ / μ
FB_a	[bab]	N	10	812.48	52.87	0.07	1791.30	41.01	0.02
FB_a	[dad]	N	10	773.40	34.49	0.04	1918.75	42.66	0.02
FB_a	[gag]	N	10	705.62	57.66	0.08	1968.39	39.53	0.02
FB_a	[bib]	N	10	444.05	48.72	0.11	2220.32	63.16	0.03
FB_a	[did]	N	10	447.22	36.25	0.08	2038.34	74.68	0.04
FB_a	[gig]	N	10	463.53	61.45	0.13	2303.02	73.29	0.03
FB_a	[bub]	N	10	483.87	36.19	0.07	1032.40	99.95	0.10
FB_a	[dud]	N	10	464.66	35.98	0.08	1287.21	36.44	0.03
FB_a	[gug]	N	9	490.65	25.43	0.05	1191.78	57.30	0.05
FB_a	[byb]	N	10	457.63	37.06	0.08	1808.30	49.06	0.03
FB_a	[dyd]	N	10	472.47	35.03	0.07	1768.22	29.65	0.02

FB_a	[gyg]	N	10	434.21	37.19	0.09	1908.16	21.21	0.01
FB_a	[bab]	E	10	960.25	70.63	0.07	1810.96	39.27	0.02
FB_a	[dad]	E	10	877.08	46.16	0.05	1915.34	34.55	0.02
FB_a	[gag]	E	10	894.56	63.13	0.07	1993.80	46.26	0.02
FB_a	[bib]	E	10	598.77	54.67	0.09	2193.89	96.33	0.04
FB_a	[did]	E	10	565.23	67.68	0.12	2034.70	76.88	0.04
FB_a	[gig]	E	10	615.25	39.83	0.06	2179.31	61.27	0.03
FB_a	[bub]	E	10	636.00	51.84	0.08	1262.70	104.40	0.08
FB_a	[dud]	E	10	612.31	44.90	0.07	1339.57	42.69	0.03
FB_a	[gug]	E	9	634.13	20.66	0.03	1300.71	51.69	0.04
FB_a	[byb]	E	10	630.91	48.24	0.08	1744.02	60.04	0.03
FB_a	[dyd]	E	10	620.28	58.08	0.09	1759.83	44.41	0.03
FB_a	[gyg]	E	10	634.50	36.43	0.06	1890.77	79.12	0.04
DM_a	[bab]	N	10	928.48	32.05	0.03	1894.89	49.53	0.03
DM_a	[dad]	N	10	959.10	27.77	0.03	2022.58	64.14	0.03
DM_a	[gag]	N	10	910.46	36.70	0.04	2046.30	37.98	0.02
DM_a	[bib]	N	10	354.92	34.17	0.10	2637.06	52.77	0.02
DM_a	[did]	N	9	409.45	39.56	0.10	2363.97	81.57	0.03
DM_a	[gig]	N	10	387.47	45.76	0.12	2688.55	65.72	0.02
DM_a	[bub]	N	10	389.18	48.93	0.13	879.30	82.37	0.09
DM_a	[dud]	N	10	397.43	27.09	0.07	1283.48	49.45	0.04
DM_a	[gug]	N	9	424.51	39.88	0.09	1087.15	95.06	0.09
DM_a	[byb]	N	10	430.91	30.25	0.07	1870.68	31.10	0.02
DM_a	[dyd]	N	9	388.31	21.76	0.06	1934.46	43.58	0.02
DM_a	[gyg]	N	10	393.02	42.71	0.11	2057.93	101.16	0.05
DM_a	[bab]	E	10	1081.83	43.88	0.04	1894.73	35.14	0.02
DM_a	[dad]	E	10	1062.56	31.72	0.03	1977.65	54.69	0.03
DM_a	[gag]	E	10	1052.50	32.86	0.03	2043.66	65.43	0.03
DM_a	[bib]	E	10	427.30	24.58	0.06	2666.16	52.85	0.02
DM_a	[did]	E	9	443.90	33.78	0.08	2471.63	48.98	0.02
DM_a	[gig]	E	10	481.38	37.41	0.08	2681.89	54.98	0.02
DM_a	[bub]	E	10	519.77	24.41	0.05	918.01	35.62	0.04
DM_a	[dud]	E	10	525.15	18.89	0.04	1328.78	70.83	0.05
DM_a	[gug]	E	9	545.67	27.52	0.05	1103.12	68.04	0.06
DM_a	[byb]	E	10	496.72	21.05	0.04	1880.64	49.81	0.03
DM_a	[dyd]	E	9	471.28	11.93	0.03	1934.93	19.37	0.01
DM_a	[gyg]	E	10	515.98	26.01	0.05	1954.91	33.66	0.02
MAR_a	[bab]	N	10	704.06	16.63	0.02	1511.11	38.43	0.03
MAR_a	[dad]	N	10	662.36	31.32	0.05	1606.48	30.94	0.02
MAR_a	[gag]	N	10	668.26	23.57	0.04	1680.93	33.10	0.02
MAR_a	[bib]	N	10	369.42	14.65	0.04	2005.30	49.39	0.02
MAR_a	[did]	N	10	373.58	12.59	0.03	2013.34	55.75	0.03
MAR_a	[gig]	N	10	350.36	19.68	0.06	2190.67	60.73	0.03
MAR_a	[bub]	N	10	382.86	29.50	0.08	824.15	61.87	0.08

MAR_a	[dud]	N	10	418.30	18.79	0.04	1159.97	43.57	0.04
MAR_a	[gug]	N	10	385.01	21.89	0.06	928.16	66.04	0.07
MAR_a	[byb]	N	10	383.59	18.93	0.05	1620.13	28.78	0.02
MAR_a	[dyd]	N	10	380.55	16.95	0.04	1648.18	44.95	0.03
MAR_a	[gyg]	N	10	389.45	20.15	0.05	1750.16	37.24	0.02
MAR_a	[bab]	E	10	723.11	23.09	0.03	1523.90	39.64	0.03
MAR_a	[dad]	E	10	705.49	17.01	0.02	1624.36	29.63	0.02
MAR_a	[gag]	E	10	696.23	28.37	0.04	1697.05	26.30	0.02
MAR_a	[bib]	E	10	386.91	14.03	0.04	2042.63	47.13	0.02
MAR_a	[did]	E	10	392.55	19.51	0.05	2070.01	22.99	0.01
MAR_a	[gig]	E	10	432.32	31.87	0.07	2177.90	56.90	0.03
MAR_a	[bub]	E	10	437.47	20.40	0.05	819.04	105.62	0.13
MAR_a	[dud]	E	10	434.38	22.91	0.05	1117.47	32.88	0.03
MAR_a	[gug]	E	10	449.23	33.96	0.08	901.84	56.40	0.06
MAR_a	[byb]	E	10	428.35	11.64	0.03	1640.18	45.27	0.03
MAR_a	[dyd]	E	10	424.76	24.33	0.06	1652.55	29.69	0.02
MAR_a	[gyg]	E	10	459.50	19.27	0.04	1708.88	30.74	0.02
YL_a	[bab]	N	10	603.66	19.67	0.03	1290.59	44.74	0.03
YL_a	[dad]	N	10	587.41	21.46	0.04	1398.46	46.51	0.03
YL_a	[gag]	N	10	579.75	21.25	0.04	1444.48	43.54	0.03
YL_a	[bib]	N	10	370.60	16.77	0.05	1730.75	32.99	0.02
YL_a	[did]	N	10	379.13	27.16	0.07	1671.67	48.95	0.03
YL_a	[gig]	N	10	361.75	16.87	0.05	1791.12	48.45	0.03
YL_a	[bub]	N	10	446.41	42.87	0.10	887.96	42.25	0.05
YL_a	[dud]	N	10	421.31	38.86	0.09	1242.53	65.30	0.05
YL_a	[gug]	N	10	433.89	33.78	0.08	1065.60	113.14	0.11
YL_a	[byb]	N	10	384.37	20.08	0.05	1543.91	70.38	0.05
YL_a	[dyd]	N	10	392.50	23.87	0.06	1556.23	52.16	0.03
YL_a	[gyg]	N	10	384.91	24.77	0.06	1567.07	33.25	0.02
YL_a	[bab]	E	10	644.36	19.61	0.03	1557.40	95.36	0.06
YL_a	[dad]	E	10	624.25	19.71	0.03	1517.03	51.24	0.03
YL_a	[gag]	E	10	609.27	25.05	0.04	1602.93	42.43	0.03
YL_a	[bib]	E	10	429.54	16.89	0.04	1707.04	39.71	0.02
YL_a	[did]	E	10	423.66	18.72	0.04	1615.83	30.08	0.02
YL_a	[gig]	E	10	414.68	22.60	0.05	1752.16	43.67	0.02
YL_a	[bub]	E	10	488.33	44.73	0.09	1268.50	151.86	0.12
YL_a	[dud]	E	10	467.21	11.34	0.02	1286.45	58.32	0.05
YL_a	[gug]	E	10	482.57	21.38	0.04	1171.49	81.54	0.07
YL_a	[byb]	E	10	444.07	22.55	0.05	1503.91	40.61	0.03
YL_a	[dyd]	E	10	422.39	41.94	0.10	1538.70	42.47	0.03
YL_a	[gyg]	E	10	429.92	29.08	0.07	1553.28	47.93	0.03

Tableau F.3

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) des valeurs de formantique F3 et F4 (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	Cond	n	F3 (Hertz)			F4 (Hertz)		
				μ	σ	σ / μ	μ	σ	σ / μ
CE_v	[bab]	N	10	2801.94	100.12	0.04	3625.95	105.41	0.03
CE_v	[dad]	N	10	2783.65	80.47	0.03	3758.93	145.27	0.04
CE_v	[gag]	N	10	2734.86	72.54	0.03	3762.06	61.54	0.02
CE_v	[bib]	N	10	2972.94	49.32	0.02	4104.93	96.70	0.02
CE_v	[did]	N	10	2929.80	46.17	0.02	4353.74	52.55	0.01
CE_v	[gig]	N	10	3130.81	87.55	0.03	4311.24	50.41	0.01
CE_v	[bub]	N	10	2740.17	60.12	0.02	3763.53	30.47	0.01
CE_v	[dud]	N	10	2777.19	41.18	0.01	3930.61	152.74	0.04
CE_v	[gug]	N	10	2626.83	42.21	0.02	4038.15	158.71	0.04
CE_v	[byb]	N	10	2547.47	46.84	0.02	3896.10	68.19	0.02
CE_v	[dyd]	N	10	2846.76	35.42	0.01	4244.55	59.82	0.01
CE_v	[gyg]	N	10	2607.38	50.30	0.02	3904.86	69.98	0.02
CE_v	[bab]	E	10	2792.76	79.01	0.03	3675.97	173.69	0.05
CE_v	[dad]	E	10	2901.13	107.06	0.04	4053.05	101.21	0.02
CE_v	[gag]	E	10	2812.58	77.36	0.03	4050.62	138.15	0.03
CE_v	[bib]	E	10	3077.66	56.90	0.02	4337.53	34.66	0.01
CE_v	[did]	E	10	3057.49	51.02	0.02	4385.84	31.86	0.01
CE_v	[gig]	E	10	3174.29	65.06	0.02	4378.34	52.46	0.01
CE_v	[bub]	E	10	2711.16	80.29	0.03	3830.25	90.72	0.02
CE_v	[dud]	E	10	2620.39	71.86	0.03	3953.19	199.88	0.05
CE_v	[gug]	E	10	2756.68	74.33	0.03	4102.33	160.92	0.04
CE_v	[byb]	E	10	2677.30	47.05	0.02	4070.62	115.68	0.03
CE_v	[dyd]	E	10	2851.63	27.59	0.01	4147.06	67.17	0.02
CE_v	[gyg]	E	10	2738.86	54.80	0.02	4116.60	127.88	0.03
JPR_v	[bab]	N	10	3026.86	40.14	0.01	4460.41	57.94	0.01
JPR_v	[dad]	N	10	3123.65	48.92	0.02	4480.69	83.29	0.02
JPR_v	[gag]	N	10	3003.90	99.58	0.03	4377.03	108.19	0.02
JPR_v	[bib]	N	10	3165.78	43.35	0.01	4532.20	53.03	0.01
JPR_v	[did]	N	10	3060.15	35.83	0.01	4679.05	66.76	0.01
JPR_v	[gig]	N	10	3452.81	92.28	0.03	4463.19	55.55	0.01
JPR_v	[bub]	N	10	2811.26	53.02	0.02	4168.81	112.63	0.03
JPR_v	[dud]	N	10	2772.65	51.27	0.02	4039.06	132.90	0.03
JPR_v	[gug]	N	10	2626.87	61.00	0.02	4174.93	80.01	0.02
JPR_v	[byb]	N	10	2740.85	39.26	0.01	4129.50	26.20	0.01
JPR_v	[dyd]	N	9	2961.05	56.40	0.02	4226.85	77.05	0.02
JPR_v	[gyg]	N	10	2728.26	62.14	0.02	4202.36	33.22	0.01
JPR_v	[bab]	E	10	3101.88	28.02	0.01	4391.96	100.75	0.02
JPR_v	[dad]	E	10	3167.17	73.95	0.02	4371.59	70.88	0.02

JPR_v	[gag]	E	10	3049.71	85.44	0.03	4223.76	174.78	0.04
JPR_v	[bib]	E	10	3340.98	72.47	0.02	4644.57	51.53	0.01
JPR_v	[did]	E	10	3202.03	62.83	0.02	3910.41	690.19	0.18
JPR_v	[gig]	E	10	3510.38	119.46	0.03	4510.11	74.10	0.02
JPR_v	[bub]	E	10	2682.03	144.46	0.05	3928.29	305.20	0.08
JPR_v	[dud]	E	10	2710.06	78.75	0.03	3947.81	202.14	0.05
JPR_v	[gug]	E	10	2708.84	72.15	0.03	4196.47	92.85	0.02
JPR_v	[byb]	E	10	2709.07	72.82	0.03	4159.10	96.33	0.02
JPR_v	[dyd]	E	9	2816.68	65.36	0.02	4098.15	93.96	0.02
JPR_v	[gyg]	E	10	2742.66	46.06	0.02	4160.18	56.61	0.01
MBA_v	[bab]	N	10	2306.94	48.49	0.02	3758.54	113.78	0.03
MBA_v	[dad]	N	10	2376.26	33.60	0.01	3861.11	43.63	0.01
MBA_v	[gag]	N	10	2403.89	52.24	0.02	3843.25	129.90	0.03
MBA_v	[bib]	N	10	2591.04	36.76	0.01	3599.89	84.77	0.02
MBA_v	[did]	N	10	2550.72	28.47	0.01	3599.44	55.97	0.02
MBA_v	[gig]	N	10	2746.11	43.50	0.02	3547.86	92.22	0.03
MBA_v	[bub]	N	10	2311.03	22.77	0.01	3475.84	117.73	0.03
MBA_v	[dud]	N	10	2225.58	29.60	0.01	3518.59	43.84	0.01
MBA_v	[gug]	N	10	2204.95	54.01	0.02	3443.32	57.11	0.02
MBA_v	[byb]	N	10	2159.42	34.04	0.02	3479.38	51.93	0.01
MBA_v	[dyd]	N	10	2288.95	27.79	0.01	3496.55	61.88	0.02
MBA_v	[gyg]	N	10	2111.64	39.87	0.02	3452.90	48.99	0.01
MBA_v	[bab]	E	10	2330.65	45.99	0.02	3692.60	146.49	0.04
MBA_v	[dad]	E	10	2341.54	55.20	0.02	3897.04	26.96	0.01
MBA_v	[gag]	E	10	2437.42	25.88	0.01	3929.11	74.80	0.02
MBA_v	[bib]	E	10	2701.41	60.46	0.02	3576.59	110.14	0.03
MBA_v	[did]	E	10	2583.41	38.87	0.02	3565.34	175.78	0.05
MBA_v	[gig]	E	10	2770.57	111.20	0.04	3408.35	86.57	0.03
MBA_v	[bub]	E	10	2306.73	72.67	0.03	3488.50	77.74	0.02
MBA_v	[dud]	E	10	2217.35	64.36	0.03	3503.95	51.78	0.01
MBA_v	[gug]	E	10	2235.13	59.24	0.03	3470.16	78.77	0.02
MBA_v	[byb]	E	10	2170.17	39.51	0.02	3490.23	105.49	0.03
MBA_v	[dyd]	E	10	2256.62	27.92	0.01	3472.55	71.09	0.02
MBA_v	[gyg]	E	10	2129.56	36.09	0.02	3491.33	67.49	0.02
MO_v	[bab]	N	10	2347.40	32.47	0.01	3427.48	47.29	0.01
MO_v	[dad]	N	10	2358.50	30.10	0.01	3353.85	52.24	0.02
MO_v	[gag]	N	10	2231.66	39.23	0.02	3401.45	31.92	0.01
MO_v	[bib]	N	10	2485.60	49.00	0.02	3325.84	34.11	0.01
MO_v	[did]	N	10	2499.31	14.71	0.01	3396.42	39.01	0.01
MO_v	[gig]	N	10	2502.04	35.71	0.01	3327.25	54.31	0.02
MO_v	[bub]	N	10	2170.59	43.64	0.02	3033.50	46.39	0.02
MO_v	[dud]	N	10	2160.00	38.80	0.02	3108.82	34.03	0.01
MO_v	[gug]	N	10	2026.74	23.33	0.01	3152.44	30.78	0.01
MO_v	[byb]	N	10	2027.60	28.80	0.01	3146.61	41.45	0.01

MO_v	[dyd]	N	10	2394.48	53.75	0.02	3144.97	36.87	0.01
MO_v	[gyg]	N	9	2026.72	32.39	0.02	3223.45	37.49	0.01
MO_v	[bab]	E	10	2381.24	25.23	0.01	3531.49	59.96	0.02
MO_v	[dad]	E	10	2444.21	33.15	0.01	3532.49	38.85	0.01
MO_v	[gag]	E	10	2273.36	46.23	0.02	3501.53	80.75	0.02
MO_v	[bib]	E	10	2552.84	33.20	0.01	3397.06	28.00	0.01
MO_v	[did]	E	10	2506.11	21.74	0.01	3459.52	51.02	0.01
MO_v	[gig]	E	10	2558.44	31.43	0.01	3410.39	29.84	0.01
MO_v	[bub]	E	10	2168.87	43.37	0.02	3065.37	25.02	0.01
MO_v	[dud]	E	10	2153.34	37.21	0.02	3126.70	48.54	0.02
MO_v	[gug]	E	10	2046.25	37.45	0.02	3236.67	36.89	0.01
MO_v	[byb]	E	10	2046.75	34.07	0.02	3260.39	51.58	0.02
MO_v	[dyd]	E	10	2419.72	32.32	0.01	3122.98	45.12	0.01
MO_v	[gyg]	E	9	2124.35	59.31	0.03	3292.21	27.95	0.01

Tableau F.4

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) des valeurs de formantique F3 et F4 (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	Cond	n	F3 (Hertz)			F4 (Hertz)		
				μ	σ	σ / μ	μ	σ	σ / μ
FB_a	[bab]	N	10	2932.38	106.15	0.04	4447.94	123.79	0.03
FB_a	[dad]	N	10	3033.97	138.97	0.05	4493.81	76.99	0.02
FB_a	[gag]	N	10	2920.36	143.44	0.05	4530.55	127.26	0.03
FB_a	[bib]	N	10	2896.85	31.95	0.01	4257.75	94.96	0.02
FB_a	[did]	N	10	2978.49	38.64	0.01	4397.96	83.55	0.02
FB_a	[gig]	N	10	2944.73	50.72	0.02	4241.94	97.48	0.02
FB_a	[bub]	N	10	2875.12	69.51	0.02	4139.28	66.91	0.02
FB_a	[dud]	N	10	2847.67	49.99	0.02	4194.43	84.85	0.02
FB_a	[gug]	N	9	2826.25	49.14	0.02	4168.36	67.89	0.02
FB_a	[byb]	N	10	2712.90	71.80	0.03	3966.52	47.81	0.01
FB_a	[dyd]	N	10	2871.99	60.29	0.02	4060.68	72.10	0.02
FB_a	[gyg]	N	10	2569.20	64.24	0.03	4002.44	61.92	0.02
FB_a	[bab]	E	10	3078.41	53.22	0.02	4322.40	94.49	0.02
FB_a	[dad]	E	10	3176.59	100.94	0.03	4539.24	102.88	0.02
FB_a	[gag]	E	10	3088.44	90.91	0.03	4516.69	156.13	0.03
FB_a	[bib]	E	10	2958.25	95.35	0.03	4305.06	130.88	0.03
FB_a	[did]	E	10	3076.42	52.46	0.02	4397.03	152.94	0.03
FB_a	[gig]	E	10	3020.11	48.94	0.02	4352.84	77.66	0.02
FB_a	[bub]	E	10	3055.10	114.29	0.04	4227.56	163.86	0.04
FB_a	[dud]	E	10	3003.44	86.44	0.03	4231.35	174.42	0.04
FB_a	[gug]	E	9	2968.43	93.14	0.03	4235.60	167.86	0.04
FB_a	[byb]	E	10	2858.80	66.59	0.02	4074.27	103.46	0.03
FB_a	[dyd]	E	10	3002.94	89.03	0.03	4177.63	118.77	0.03

FB_a	[gyg]	E	10	2819.53	45.47	0.02	4171.93	60.51	0.01
DM_a	[bab]	N	10	3030.97	37.16	0.01	5052.74	88.76	0.02
DM_a	[dad]	N	10	3172.20	59.93	0.02	5154.52	146.20	0.03
DM_a	[gag]	N	10	2958.85	59.09	0.02	5066.20	94.78	0.02
DM_a	[bib]	N	10	3368.16	74.53	0.02	4564.90	59.57	0.01
DM_a	[did]	N	9	3121.84	41.01	0.01	4734.20	154.82	0.03
DM_a	[gig]	N	10	3427.16	61.22	0.02	4565.11	57.70	0.01
DM_a	[bub]	N	10	2922.01	58.89	0.02	4178.66	86.54	0.02
DM_a	[dud]	N	10	2883.60	50.38	0.02	4259.49	61.06	0.01
DM_a	[gug]	N	9	2805.99	50.32	0.02	4310.41	60.07	0.01
DM_a	[byb]	N	10	2745.51	48.23	0.02	4259.97	39.32	0.01
DM_a	[dyd]	N	9	2866.78	35.21	0.01	3971.18	81.94	0.02
DM_a	[gyg]	N	10	2709.64	31.52	0.01	4322.24	43.28	0.01
DM_a	[bab]	E	10	3077.38	93.34	0.03	4887.83	138.96	0.03
DM_a	[dad]	E	10	3174.35	66.88	0.02	5025.80	115.69	0.02
DM_a	[gag]	E	10	3143.46	98.13	0.03	5060.80	80.84	0.02
DM_a	[bib]	E	10	3405.37	55.77	0.02	4697.28	244.67	0.05
DM_a	[did]	E	9	3234.65	64.22	0.02	4877.94	151.57	0.03
DM_a	[gig]	E	10	3403.10	57.82	0.02	4861.29	224.91	0.05
DM_a	[bub]	E	10	2904.10	30.17	0.01	4094.03	66.19	0.02
DM_a	[dud]	E	10	2946.72	32.71	0.01	4196.43	57.75	0.01
DM_a	[gug]	E	9	2823.68	35.17	0.01	4248.14	54.63	0.01
DM_a	[byb]	E	10	2828.42	45.23	0.02	4314.57	32.41	0.01
DM_a	[dyd]	E	9	2937.37	92.62	0.03	4044.56	73.28	0.02
DM_a	[gyg]	E	10	2773.34	62.32	0.02	4312.38	55.22	0.01
MAR_a	[bab]	N	10	2708.56	86.40	0.03	3560.51	88.47	0.02
MAR_a	[dad]	N	10	2715.72	77.49	0.03	3630.61	109.14	0.03
MAR_a	[gag]	N	10	2645.71	54.74	0.02	3615.25	102.36	0.03
MAR_a	[bib]	N	10	2764.52	73.67	0.03	3658.43	111.81	0.03
MAR_a	[did]	N	10	2869.43	38.00	0.01	3836.86	153.84	0.04
MAR_a	[gig]	N	10	2807.27	92.73	0.03	3798.22	163.75	0.04
MAR_a	[bub]	N	10	2481.66	91.97	0.04	3370.01	166.31	0.05
MAR_a	[dud]	N	10	2537.39	47.04	0.02	3377.03	249.29	0.07
MAR_a	[gug]	N	10	2359.14	50.59	0.02	3347.04	136.56	0.04
MAR_a	[byb]	N	10	2259.13	40.18	0.02	3345.18	56.43	0.02
MAR_a	[dyd]	N	10	2588.46	72.65	0.03	3416.49	104.75	0.03
MAR_a	[gyg]	N	10	2354.16	66.17	0.03	3469.22	84.73	0.02
MAR_a	[bab]	E	10	2474.79	791.76	0.32	3626.02	57.59	0.02
MAR_a	[dad]	E	10	2743.73	52.71	0.02	3655.90	310.20	0.08
MAR_a	[gag]	E	10	2679.26	86.12	0.03	3670.91	41.84	0.01
MAR_a	[bib]	E	10	2778.41	35.35	0.01	3637.06	109.38	0.03
MAR_a	[did]	E	10	2833.13	40.38	0.01	3694.36	89.08	0.02
MAR_a	[gig]	E	10	2747.95	68.03	0.02	3746.09	126.62	0.03
MAR_a	[bub]	E	10	2475.12	89.65	0.04	3287.52	81.07	0.02

MAR_a	[dud]	E	10	2518.28	74.43	0.03	3353.66	144.64	0.04
MAR_a	[gug]	E	10	2350.52	92.45	0.04	3359.31	104.88	0.03
MAR_a	[byb]	E	10	2319.44	60.00	0.03	3350.56	46.83	0.01
MAR_a	[dyd]	E	10	2565.89	56.66	0.02	3405.64	58.78	0.02
MAR_a	[gyg]	E	10	2346.92	43.11	0.02	3412.82	62.86	0.02
YL_a	[bab]	N	10	2105.50	54.94	0.03	3117.60	119.30	0.04
YL_a	[dad]	N	10	2103.41	65.16	0.03	3383.52	163.46	0.05
YL_a	[gag]	N	10	2107.94	113.75	0.05	3314.16	134.28	0.04
YL_a	[bib]	N	10	2357.28	57.18	0.02	3348.04	105.95	0.03
YL_a	[did]	N	10	2351.38	42.11	0.02	3300.07	146.70	0.04
YL_a	[gig]	N	10	2346.19	63.88	0.03	3344.05	99.19	0.03
YL_a	[bub]	N	10	1980.75	121.65	0.06	3086.52	111.60	0.04
YL_a	[dud]	N	10	2013.76	41.45	0.02	3091.51	175.43	0.06
YL_a	[gug]	N	10	1994.95	35.56	0.02	3065.55	166.83	0.05
YL_a	[byb]	N	10	2133.73	39.06	0.02	3205.88	74.02	0.02
YL_a	[dyd]	N	10	2182.75	74.00	0.03	3167.64	121.33	0.04
YL_a	[gyg]	N	10	2077.15	65.57	0.03	3111.65	185.75	0.06
YL_a	[bab]	E	10	2524.82	105.90	0.04	3513.08	82.01	0.02
YL_a	[dad]	E	10	2516.81	152.96	0.06	3523.46	186.57	0.05
YL_a	[gag]	E	10	2677.93	103.92	0.04	3546.17	182.62	0.05
YL_a	[bib]	E	10	2417.44	34.81	0.01	3377.65	91.85	0.03
YL_a	[did]	E	10	2434.71	50.06	0.02	3357.64	84.43	0.03
YL_a	[gig]	E	10	2448.30	39.17	0.02	3415.85	76.40	0.02
YL_a	[bub]	E	10	2197.18	84.16	0.04	3306.54	98.56	0.03
YL_a	[dud]	E	10	2130.71	62.92	0.03	3153.42	58.85	0.02
YL_a	[gug]	E	10	2119.18	39.03	0.02	3149.99	78.91	0.03
YL_a	[byb]	E	10	2245.79	37.91	0.02	3179.44	81.03	0.03
YL_a	[dyd]	E	10	2309.63	73.59	0.03	3301.38	105.24	0.03
YL_a	[gyg]	E	10	2272.17	47.20	0.02	3258.07	142.90	0.04

Tableau F.5

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de la valeur de la fréquence fondamentale (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
CE_v	[bab]	10	N	215,68	5,80	0,03
CE_v	[dad]	10	N	214,56	7,20	0,03
CE_v	[gag]	10	N	215,66	4,68	0,02
CE_v	[bib]	10	N	234,71	9,53	0,04
CE_v	[did]	10	N	235,37	19,14	0,08
CE_v	[gig]	10	N	235,07	6,93	0,03
CE_v	[bub]	10	N	246,12	3,26	0,01
CE_v	[dud]	10	N	242,59	9,10	0,04

CE_v	[gug]	10	N	234,61	6,90	0,03
CE_v	[byb]	10	N	234,23	12,68	0,05
CE_v	[dyd]	10	N	246,45	13,95	0,06
CE_v	[gyg]	10	N	243,05	5,86	0,02
CE_v	[bab]	10	E	255,49	10,51	0,04
CE_v	[dad]	10	E	260,88	13,11	0,05
CE_v	[gag]	10	E	262,30	6,99	0,03
CE_v	[bib]	10	E	280,71	7,88	0,03
CE_v	[did]	10	E	278,40	26,97	0,10
CE_v	[gig]	10	E	284,67	12,92	0,05
CE_v	[bub]	10	E	290,51	8,73	0,03
CE_v	[dud]	10	E	294,29	11,38	0,04
CE_v	[gug]	10	E	291,01	11,05	0,04
CE_v	[byb]	10	E	291,79	10,20	0,03
CE_v	[dyd]	10	E	293,55	17,00	0,06
CE_v	[gyg]	10	E	292,26	7,75	0,03
JPR_v	[bab]	10	N	229,85	7,70	0,03
JPR_v	[dad]	10	N	226,67	8,79	0,04
JPR_v	[gag]	10	N	231,23	13,70	0,06
JPR_v	[bib]	10	N	239,02	13,56	0,06
JPR_v	[did]	10	N	252,37	11,74	0,05
JPR_v	[gig]	10	N	243,75	11,04	0,05
JPR_v	[bub]	10	N	245,23	15,87	0,06
JPR_v	[dud]	10	N	253,33	12,53	0,05
JPR_v	[gug]	10	N	244,46	11,39	0,05
JPR_v	[byb]	10	N	233,99	11,33	0,05
JPR_v	[dyd]	9	N	267,49	16,37	0,06
JPR_v	[gyg]	10	N	253,26	14,14	0,06
JPR_v	[bab]	10	E	239,53	13,24	0,06
JPR_v	[dad]	10	E	234,58	8,50	0,04
JPR_v	[gag]	10	E	239,10	9,92	0,04
JPR_v	[bib]	10	E	265,65	10,34	0,04
JPR_v	[did]	10	E	270,01	7,41	0,03
JPR_v	[gig]	10	E	262,82	8,07	0,03
JPR_v	[bub]	10	E	271,14	14,93	0,06
JPR_v	[dud]	10	E	277,47	13,63	0,05
JPR_v	[gug]	10	E	273,89	8,02	0,03
JPR_v	[byb]	10	E	269,20	5,67	0,02
JPR_v	[dyd]	10	E	286,20	13,79	0,05
JPR_v	[gyg]	10	E	276,34	15,09	0,05
MBA_v	[bab]	10	N	119,46	5,66	0,05
MBA_v	[dad]	10	N	116,78	5,35	0,05
MBA_v	[gag]	10	N	119,49	3,31	0,03
MBA_v	[bib]	10	N	129,20	9,16	0,07

MBA_v	[did]	10	N	123,35	7,15	0,06
MBA_v	[gig]	10	N	123,41	3,44	0,03
MBA_v	[bub]	10	N	127,84	6,98	0,05
MBA_v	[dud]	10	N	122,78	7,53	0,06
MBA_v	[gug]	10	N	121,63	6,79	0,06
MBA_v	[byb]	10	N	124,99	11,04	0,09
MBA_v	[dyd]	10	N	122,05	3,31	0,03
MBA_v	[gyg]	10	N	122,54	5,70	0,05
MBA_v	[bab]	10	E	136,83	11,66	0,09
MBA_v	[dad]	10	E	132,61	4,88	0,04
MBA_v	[gag]	10	E	134,32	9,66	0,07
MBA_v	[bib]	10	E	147,53	9,69	0,07
MBA_v	[did]	10	E	144,85	11,04	0,08
MBA_v	[gig]	10	E	146,23	11,02	0,08
MBA_v	[bub]	10	E	156,18	15,51	0,10
MBA_v	[dud]	10	E	153,83	18,13	0,12
MBA_v	[gug]	10	E	144,61	12,16	0,08
MBA_v	[byb]	10	E	146,51	13,00	0,09
MBA_v	[dyd]	10	E	140,19	13,01	0,09
MBA_v	[gyg]	10	E	143,98	8,64	0,06
MO_v	[bab]	10	N	134,20	9,33	0,07
MO_v	[dad]	10	N	137,03	9,68	0,07
MO_v	[gag]	10	N	138,09	9,67	0,07
MO_v	[bib]	10	N	141,17	8,92	0,06
MO_v	[did]	10	N	145,47	9,01	0,06
MO_v	[gig]	10	N	145,52	12,72	0,09
MO_v	[bub]	10	N	149,79	11,10	0,07
MO_v	[dud]	10	N	150,60	11,92	0,08
MO_v	[gug]	10	N	148,29	8,44	0,06
MO_v	[byb]	10	N	144,65	9,64	0,07
MO_v	[dyd]	10	N	148,16	9,88	0,07
MO_v	[gyg]	9	N	148,99	10,64	0,07
MO_v	[bab]	10	E	160,28	26,29	0,16
MO_v	[dad]	10	E	173,38	6,30	0,04
MO_v	[gag]	10	E	170,52	11,63	0,07
MO_v	[bib]	10	E	187,89	10,98	0,06
MO_v	[did]	10	E	193,57	11,61	0,06
MO_v	[gig]	10	E	190,04	19,02	0,10
MO_v	[bub]	10	E	189,65	12,09	0,06
MO_v	[dud]	10	E	198,75	16,11	0,08
MO_v	[gug]	10	E	199,07	12,43	0,06
MO_v	[byb]	10	E	194,12	17,41	0,09
MO_v	[dyd]	10	E	191,27	12,68	0,07
MO_v	[gyg]	10	E	187,05	8,75	0,05

Tableau F.6

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de la valeur de la fréquence fondamentale (en Hertz) des voyelles, selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
FB_a	[bab]	10	N	218,38	11,74	0,05
FB_a	[dad]	10	N	222,06	10,09	0,05
FB_a	[gag]	10	N	221,48	22,27	0,10
FB_a	[bib]	10	N	244,17	23,16	0,09
FB_a	[did]	10	N	241,67	13,44	0,06
FB_a	[gig]	10	N	246,49	20,82	0,08
FB_a	[bub]	10	N	247,90	19,63	0,08
FB_a	[dud]	10	N	243,35	19,85	0,08
FB_a	[gug]	9	N	247,66	16,83	0,07
FB_a	[byb]	10	N	240,45	20,04	0,08
FB_a	[dyd]	10	N	246,35	10,79	0,04
FB_a	[gyg]	10	N	234,63	16,03	0,07
FB_a	[bab]	10	E	402,93	34,66	0,09
FB_a	[dad]	10	E	387,16	19,83	0,05
FB_a	[gag]	10	E	397,69	29,72	0,07
FB_a	[bib]	10	E	392,67	42,23	0,11
FB_a	[did]	10	E	397,99	49,91	0,13
FB_a	[gig]	10	E	383,92	28,63	0,07
FB_a	[bub]	10	E	436,99	39,91	0,09
FB_a	[dud]	10	E	401,50	45,71	0,11
FB_a	[gug]	10	E	431,69	25,31	0,06
FB_a	[byb]	10	E	412,37	50,14	0,12
FB_a	[dyd]	10	E	399,24	43,98	0,11
FB_a	[gyg]	10	E	370,75	22,12	0,06
DM_a	[bab]	10	N	182,14	14,14	0,08
DM_a	[dad]	10	N	196,32	10,22	0,05
DM_a	[gag]	10	N	190,05	13,96	0,07
DM_a	[bib]	10	N	229,69	8,15	0,04
DM_a	[did]	9	N	229,29	15,61	0,07
DM_a	[gig]	10	N	216,55	12,31	0,06
DM_a	[bub]	10	N	233,49	8,32	0,04
DM_a	[dud]	10	N	230,13	5,77	0,03
DM_a	[gug]	9	N	234,22	11,04	0,05
DM_a	[byb]	10	N	233,09	12,21	0,05
DM_a	[dyd]	9	N	236,75	10,36	0,04
DM_a	[gyg]	10	N	232,12	11,83	0,05
DM_a	[bab]	10	E	235,87	25,32	0,11
DM_a	[dad]	10	E	235,29	23,09	0,10

DM_a	[gag]	10	E	235,66	17,40	0,07
DM_a	[bib]	10	E	277,32	23,16	0,08
DM_a	[did]	10	E	282,65	14,88	0,05
DM_a	[gig]	10	E	275,90	20,35	0,07
DM_a	[bub]	10	E	281,96	24,28	0,09
DM_a	[dud]	10	E	285,24	23,74	0,08
DM_a	[gug]	10	E	293,34	24,69	0,08
DM_a	[byb]	10	E	280,03	20,12	0,07
DM_a	[dyd]	10	E	286,79	14,39	0,05
DM_a	[gyg]	10	E	291,60	19,34	0,07
MAR_a	[bab]	10	N	131,82	6,99	0,05
MAR_a	[dad]	10	N	130,12	7,25	0,06
MAR_a	[gag]	10	N	129,57	5,45	0,04
MAR_a	[bib]	10	N	141,38	8,40	0,06
MAR_a	[did]	10	N	135,63	5,92	0,04
MAR_a	[gig]	10	N	133,70	4,17	0,03
MAR_a	[bub]	10	N	142,26	11,17	0,08
MAR_a	[dud]	10	N	147,73	10,56	0,07
MAR_a	[gug]	10	N	137,03	6,18	0,05
MAR_a	[byb]	10	N	139,14	7,62	0,05
MAR_a	[dyd]	10	N	139,52	4,51	0,03
MAR_a	[gyg]	10	N	134,50	5,43	0,04
MAR_a	[bab]	10	E	159,77	5,12	0,03
MAR_a	[dad]	10	E	164,19	7,97	0,05
MAR_a	[gag]	10	E	161,44	8,20	0,05
MAR_a	[bib]	10	E	174,76	8,08	0,05
MAR_a	[did]	10	E	170,67	3,02	0,02
MAR_a	[gig]	10	E	172,16	5,19	0,03
MAR_a	[bub]	10	E	177,51	6,05	0,03
MAR_a	[dud]	10	E	178,86	13,64	0,08
MAR_a	[gug]	10	E	176,99	7,55	0,04
MAR_a	[byb]	10	E	172,35	4,01	0,02
MAR_a	[dyd]	10	E	173,78	7,10	0,04
MAR_a	[gyg]	10	E	171,81	4,99	0,03
YL_a	[bab]	10	N	121,49	4,29	0,04
YL_a	[dad]	10	N	123,91	4,75	0,04
YL_a	[gag]	10	N	120,53	5,28	0,04
YL_a	[bib]	10	N	121,88	4,08	0,03
YL_a	[did]	10	N	127,23	9,77	0,08
YL_a	[gig]	10	N	121,47	3,24	0,03
YL_a	[bub]	10	N	123,16	8,09	0,07
YL_a	[dud]	10	N	124,69	6,91	0,06
YL_a	[gug]	10	N	120,94	4,27	0,04
YL_a	[byb]	10	N	119,08	3,04	0,03

YL_a	[dyd]	10	N	121,57	7,21	0,06
YL_a	[gyg]	10	N	120,76	4,19	0,03
YL_a	[bab]	10	E	149,04	7,80	0,05
YL_a	[dad]	10	E	150,29	7,63	0,05
YL_a	[gag]	10	E	147,42	5,05	0,03
YL_a	[bib]	10	E	154,29	6,98	0,05
YL_a	[did]	10	E	161,48	10,74	0,07
YL_a	[gig]	10	E	157,84	6,06	0,04
YL_a	[bub]	10	E	164,79	5,98	0,04
YL_a	[dud]	10	E	161,45	6,67	0,04
YL_a	[gug]	10	E	155,38	7,17	0,05
YL_a	[byb]	10	E	158,09	9,39	0,06
YL_a	[dyd]	10	E	156,64	8,52	0,05
YL_a	[gyg]	10	E	159,38	7,48	0,05

Tableau F.7

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de la durée de la voyelle (en sec.), selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
CE_v	[bab]	10	N	0,1564	0,0060	0,0383
CE_v	[dad]	10	N	0,1760	0,0082	0,0467
CE_v	[gag]	10	N	0,1859	0,0139	0,0750
CE_v	[bib]	10	N	0,1060	0,0069	0,0652
CE_v	[did]	10	N	0,1095	0,0152	0,1385
CE_v	[gig]	10	N	0,1280	0,0113	0,0883
CE_v	[bub]	10	N	0,1159	0,0136	0,1175
CE_v	[dud]	10	N	0,1211	0,0082	0,0674
CE_v	[gug]	10	N	0,1253	0,0085	0,0679
CE_v	[byb]	10	N	0,1198	0,0059	0,0492
CE_v	[dyd]	10	N	0,1164	0,0107	0,0921
CE_v	[gyg]	10	N	0,1301	0,0098	0,0751
CE_v	[bab]	10	E	0,1752	0,0081	0,0461
CE_v	[dad]	10	E	0,1975	0,0110	0,0556
CE_v	[gag]	10	E	0,2091	0,0099	0,0472
CE_v	[bib]	10	E	0,1238	0,0080	0,0649
CE_v	[did]	10	E	0,1323	0,0252	0,1905
CE_v	[gig]	10	E	0,1518	0,0121	0,0798
CE_v	[bub]	10	E	0,1337	0,0109	0,0814
CE_v	[dud]	10	E	0,1502	0,0084	0,0560
CE_v	[gug]	10	E	0,1576	0,0092	0,0583
CE_v	[byb]	10	E	0,1400	0,0095	0,0682
CE_v	[dyd]	10	E	0,1411	0,0089	0,0632

CE_v	[gyg]	10	E	0,1644	0,0078	0,0476
JPR_v	[bab]	10	N	0,1289	0,0124	0,0965
JPR_v	[dad]	10	N	0,1359	0,0118	0,0867
JPR_v	[gag]	10	N	0,1453	0,0115	0,0795
JPR_v	[bib]	10	N	0,0926	0,0076	0,0826
JPR_v	[did]	10	N	0,0968	0,0082	0,0850
JPR_v	[gig]	10	N	0,0949	0,0110	0,1163
JPR_v	[bub]	10	N	0,0920	0,0052	0,0564
JPR_v	[dud]	10	N	0,1112	0,0108	0,0969
JPR_v	[gug]	10	N	0,1133	0,0067	0,0590
JPR_v	[byb]	10	N	0,0996	0,0104	0,1045
JPR_v	[dyd]	9	N	0,1151	0,0119	0,1031
JPR_v	[gyg]	10	N	0,1136	0,0154	0,1355
JPR_v	[bab]	10	E	0,2287	0,0261	0,1142
JPR_v	[dad]	10	E	0,2465	0,0259	0,1052
JPR_v	[gag]	10	E	0,2567	0,0303	0,1180
JPR_v	[bib]	10	E	0,1839	0,0279	0,1518
JPR_v	[did]	10	E	0,1800	0,0246	0,1366
JPR_v	[gig]	10	E	0,1903	0,0373	0,1962
JPR_v	[bub]	10	E	0,1779	0,0290	0,1627
JPR_v	[dud]	10	E	0,1935	0,0194	0,1005
JPR_v	[gug]	10	E	0,1968	0,0168	0,0855
JPR_v	[byb]	10	E	0,1927	0,0158	0,0822
JPR_v	[dyd]	10	E	0,1888	0,0135	0,0715
JPR_v	[gyg]	10	E	0,1943	0,0242	0,1246
MBA_v	[bab]	10	N	0,1402	0,0070	0,0497
MBA_v	[dad]	10	N	0,1549	0,0168	0,1086
MBA_v	[gag]	10	N	0,1680	0,0138	0,0824
MBA_v	[bib]	10	N	0,1000	0,0107	0,1072
MBA_v	[did]	10	N	0,1223	0,0082	0,0674
MBA_v	[gig]	10	N	0,1305	0,0098	0,0748
MBA_v	[bub]	10	N	0,1143	0,0117	0,1021
MBA_v	[dud]	10	N	0,1172	0,0106	0,0901
MBA_v	[gug]	10	N	0,1184	0,0103	0,0872
MBA_v	[byb]	10	N	0,1297	0,0102	0,0789
MBA_v	[dyd]	10	N	0,1146	0,0111	0,0964
MBA_v	[gyg]	10	N	0,1284	0,0102	0,0797
MBA_v	[bab]	10	E	0,1892	0,0261	0,1378
MBA_v	[dad]	10	E	0,2171	0,0358	0,1647
MBA_v	[gag]	10	E	0,2189	0,0298	0,1359
MBA_v	[bib]	10	E	0,1341	0,0267	0,1992
MBA_v	[did]	10	E	0,1643	0,0241	0,1464
MBA_v	[gig]	10	E	0,1785	0,0151	0,0845
MBA_v	[bub]	10	E	0,1494	0,0278	0,1861

MBA_v	[dud]	10	E	0,1619	0,0191	0,1178
MBA_v	[gug]	10	E	0,1697	0,0474	0,2793
MBA_v	[byb]	10	E	0,1716	0,0404	0,2357
MBA_v	[dyd]	10	E	0,1708	0,0254	0,1486
MBA_v	[gyg]	10	E	0,1640	0,0197	0,1202
MO_v	[bab]	10	N	0,1336	0,0076	0,0567
MO_v	[dad]	10	N	0,1439	0,0085	0,0591
MO_v	[gag]	10	N	0,1600	0,0088	0,0549
MO_v	[bib]	10	N	0,0941	0,0070	0,0740
MO_v	[did]	10	N	0,1000	0,0127	0,1270
MO_v	[gig]	10	N	0,1017	0,0088	0,0870
MO_v	[bub]	10	N	0,0940	0,0086	0,0918
MO_v	[dud]	10	N	0,1082	0,0105	0,0967
MO_v	[gug]	10	N	0,1086	0,0078	0,0717
MO_v	[byb]	10	N	0,1014	0,0079	0,0777
MO_v	[dyd]	10	N	0,1100	0,0100	0,0913
MO_v	[gyg]	9	N	0,1049	0,0043	0,0411
MO_v	[bab]	10	E	0,1639	0,0094	0,0572
MO_v	[dad]	10	E	0,1749	0,0123	0,0701
MO_v	[gag]	10	E	0,1845	0,0094	0,0510
MO_v	[bib]	10	E	0,1164	0,0115	0,0992
MO_v	[did]	10	E	0,1203	0,0134	0,1112
MO_v	[gig]	10	E	0,1183	0,0083	0,0702
MO_v	[bub]	10	E	0,1203	0,0134	0,1117
MO_v	[dud]	10	E	0,1243	0,0127	0,1018
MO_v	[gug]	10	E	0,1235	0,0089	0,0721
MO_v	[byb]	10	E	0,1325	0,0111	0,0841
MO_v	[dyd]	10	E	0,1389	0,0204	0,1468
MO_v	[gyg]	10	E	0,1199	0,0093	0,0772

Tableau F.8

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de la durée de la voyelle (en sec.), selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
FB_a	[bab]	10	N	0,1606	0,0092	0,0575
FB_a	[dad]	10	N	0,1825	0,0111	0,0609
FB_a	[gag]	10	N	0,1854	0,0193	0,1039
FB_a	[bib]	10	N	0,1252	0,0159	0,1268
FB_a	[did]	10	N	0,1314	0,0118	0,0902
FB_a	[gig]	10	N	0,1523	0,0119	0,0784
FB_a	[bub]	10	N	0,1429	0,0140	0,0980
FB_a	[dud]	10	N	0,1450	0,0081	0,0558

FB_a	[gug]	9	N	0,1424	0,0093	0,0650
FB_a	[byb]	10	N	0,1427	0,0113	0,0788
FB_a	[dyd]	10	N	0,1358	0,0111	0,0815
FB_a	[gyg]	10	N	0,1611	0,0126	0,0782
FB_a	[bab]	10	E	0,1754	0,0140	0,0797
FB_a	[dad]	10	E	0,1913	0,0145	0,0757
FB_a	[gag]	10	E	0,2091	0,0135	0,0645
FB_a	[bib]	10	E	0,1534	0,0147	0,0958
FB_a	[did]	10	E	0,1414	0,0165	0,1164
FB_a	[gig]	10	E	0,1801	0,0090	0,0497
FB_a	[bub]	10	E	0,1609	0,0112	0,0698
FB_a	[dud]	10	E	0,1733	0,0162	0,0936
FB_a	[gug]	10	E	0,1754	0,0123	0,0702
FB_a	[byb]	10	E	0,1663	0,0158	0,0951
FB_a	[dyd]	10	E	0,1564	0,0085	0,0544
FB_a	[gyg]	10	E	0,1992	0,0151	0,0756
DM_a	[bab]	10	N	0,1580	0,0103	0,0654
DM_a	[dad]	10	N	0,1751	0,0093	0,0532
DM_a	[gag]	10	N	0,2003	0,0096	0,0481
DM_a	[bib]	10	N	0,1056	0,0085	0,0803
DM_a	[did]	9	N	0,1052	0,0375	0,3562
DM_a	[gig]	10	N	0,1435	0,0093	0,0651
DM_a	[bub]	10	N	0,1225	0,0122	0,0998
DM_a	[dud]	10	N	0,1290	0,0076	0,0592
DM_a	[gug]	9	N	0,1490	0,0088	0,0590
DM_a	[byb]	10	N	0,1255	0,0099	0,0792
DM_a	[dyd]	9	N	0,1265	0,0073	0,0574
DM_a	[gyg]	10	N	0,1400	0,0114	0,0815
DM_a	[bab]	10	E	0,1882	0,0155	0,0823
DM_a	[dad]	10	E	0,1975	0,0137	0,0692
DM_a	[gag]	10	E	0,2192	0,0210	0,0959
DM_a	[bib]	10	E	0,1005	0,0439	0,4368
DM_a	[did]	10	E	0,1265	0,0334	0,2641
DM_a	[gig]	10	E	0,1546	0,0123	0,0799
DM_a	[bub]	10	E	0,1231	0,0408	0,3318
DM_a	[dud]	10	E	0,1442	0,0132	0,0916
DM_a	[gug]	10	E	0,1608	0,0250	0,1552
DM_a	[byb]	10	E	0,1416	0,0232	0,1636
DM_a	[dyd]	10	E	0,1295	0,0271	0,2092
DM_a	[gyg]	10	E	0,1693	0,0196	0,1156
MAR_a	[bab]	10	N	0,1900	0,0113	0,0594
MAR_a	[dad]	10	N	0,2030	0,0086	0,0423
MAR_a	[gag]	10	N	0,2421	0,0123	0,0506
MAR_a	[bib]	10	N	0,1472	0,0078	0,0529

MAR_a	[did]	10	N	0,1664	0,0102	0,0613
MAR_a	[gig]	10	N	0,1758	0,0107	0,0609
MAR_a	[bub]	10	N	0,1632	0,0071	0,0437
MAR_a	[dud]	10	N	0,1799	0,0088	0,0490
MAR_a	[gug]	10	N	0,1832	0,0155	0,0848
MAR_a	[byb]	10	N	0,1738	0,0100	0,0576
MAR_a	[dyd]	10	N	0,1751	0,0200	0,1142
MAR_a	[gyg]	10	N	0,1950	0,0203	0,1044
MAR_a	[bab]	10	E	0,2203	0,0135	0,0612
MAR_a	[dad]	10	E	0,2304	0,0115	0,0497
MAR_a	[gag]	10	E	0,2691	0,0135	0,0502
MAR_a	[bib]	10	E	0,1805	0,0082	0,0452
MAR_a	[did]	10	E	0,1889	0,0104	0,0550
MAR_a	[gig]	10	E	0,2094	0,0130	0,0621
MAR_a	[bub]	10	E	0,1917	0,0079	0,0413
MAR_a	[dud]	10	E	0,1985	0,0131	0,0658
MAR_a	[gug]	10	E	0,2026	0,0103	0,0508
MAR_a	[byb]	10	E	0,1910	0,0164	0,0858
MAR_a	[dyd]	10	E	0,1949	0,0142	0,0731
MAR_a	[gyg]	10	E	0,2152	0,0122	0,0567
YL_a	[bab]	10	N	0,1524	0,0229	0,1505
YL_a	[dad]	10	N	0,1729	0,0168	0,0972
YL_a	[gag]	10	N	0,1715	0,0112	0,0653
YL_a	[bib]	10	N	0,1227	0,0097	0,0787
YL_a	[did]	10	N	0,1419	0,0164	0,1157
YL_a	[gig]	10	N	0,1449	0,0161	0,1109
YL_a	[bub]	10	N	0,1351	0,0133	0,0985
YL_a	[dud]	10	N	0,1377	0,0161	0,1172
YL_a	[gug]	10	N	0,1395	0,0059	0,0421
YL_a	[byb]	10	N	0,1362	0,0090	0,0661
YL_a	[dyd]	10	N	0,1317	0,0169	0,1286
YL_a	[gyg]	10	N	0,1459	0,0114	0,0779
YL_a	[bab]	10	E	0,1768	0,0193	0,1093
YL_a	[dad]	10	E	0,1843	0,0168	0,0909
YL_a	[gag]	10	E	0,1891	0,0225	0,1188
YL_a	[bib]	10	E	0,1399	0,0206	0,1472
YL_a	[did]	10	E	0,1515	0,0189	0,1249
YL_a	[gig]	10	E	0,1725	0,0099	0,0574
YL_a	[bub]	10	E	0,1516	0,0170	0,1120
YL_a	[dud]	10	E	0,1625	0,0125	0,0768
YL_a	[gug]	10	E	0,1729	0,0088	0,0511
YL_a	[byb]	10	E	0,1687	0,0157	0,0931
YL_a	[dyd]	10	E	0,1547	0,0260	0,1678
YL_a	[gyg]	10	E	0,1804	0,0149	0,0824

Tableau F.9
 Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de l'intensité de la voyelle (en Pascals), selon le mot cible et la condition pour les locuteurs voyants

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
CE_v	[bab]	10	N	0,700	0,040	0,057
CE_v	[dad]	10	N	0,647	0,043	0,067
CE_v	[gag]	10	N	0,611	0,039	0,064
CE_v	[bib]	10	N	0,437	0,026	0,060
CE_v	[did]	10	N	0,362	0,107	0,297
CE_v	[gig]	10	N	0,367	0,049	0,135
CE_v	[bub]	10	N	0,526	0,039	0,074
CE_v	[dud]	10	N	0,496	0,064	0,129
CE_v	[gug]	10	N	0,456	0,044	0,096
CE_v	[byb]	10	N	0,401	0,047	0,118
CE_v	[dyd]	10	N	0,417	0,053	0,127
CE_v	[gyg]	10	N	0,403	0,034	0,083
CE_v	[bab]	10	E	0,749	0,025	0,034
CE_v	[dad]	10	E	0,702	0,042	0,060
CE_v	[gag]	10	E	0,692	0,035	0,050
CE_v	[bib]	10	E	0,552	0,032	0,058
CE_v	[did]	10	E	0,504	0,123	0,245
CE_v	[gig]	10	E	0,509	0,052	0,102
CE_v	[bub]	10	E	0,625	0,045	0,073
CE_v	[dud]	10	E	0,625	0,061	0,097
CE_v	[gug]	10	E	0,601	0,052	0,087
CE_v	[byb]	10	E	0,557	0,041	0,074
CE_v	[dyd]	10	E	0,521	0,034	0,065
CE_v	[gyg]	10	E	0,569	0,025	0,043
JPR_v	[bab]	10	N	0,517	0,056	0,108
JPR_v	[dad]	10	N	0,475	0,053	0,111
JPR_v	[gag]	10	N	0,436	0,077	0,177
JPR_v	[bib]	10	N	0,267	0,049	0,183
JPR_v	[did]	10	N	0,313	0,056	0,178
JPR_v	[gig]	10	N	0,259	0,038	0,145
JPR_v	[bub]	10	N	0,333	0,079	0,237
JPR_v	[dud]	10	N	0,300	0,062	0,208
JPR_v	[gug]	10	N	0,329	0,071	0,216
JPR_v	[byb]	10	N	0,303	0,057	0,189
JPR_v	[dyd]	9	N	0,287	0,052	0,182
JPR_v	[gyg]	9	N	0,264	0,037	0,140
JPR_v	[bab]	10	E	0,579	0,058	0,099
JPR_v	[dad]	10	E	0,556	0,051	0,092
JPR_v	[gag]	10	E	0,584	0,055	0,094

JPR_v	[bib]	10	E	0,381	0,057	0,149
JPR_v	[did]	10	E	0,501	0,052	0,103
JPR_v	[gig]	10	E	0,381	0,042	0,110
JPR_v	[bub]	10	E	0,603	0,094	0,156
JPR_v	[dud]	10	E	0,589	0,056	0,095
JPR_v	[gug]	10	E	0,468	0,061	0,130
JPR_v	[byb]	10	E	0,495	0,075	0,151
JPR_v	[dyd]	9	E	0,431	0,052	0,121
JPR_v	[gyg]	9	E	0,384	0,061	0,160
MBA_v	[bab]	10	N	0,242	0,037	0,153
MBA_v	[dad]	10	N	0,217	0,031	0,141
MBA_v	[gag]	10	N	0,197	0,033	0,167
MBA_v	[bib]	10	N	0,223	0,037	0,166
MBA_v	[did]	10	N	0,225	0,034	0,150
MBA_v	[gig]	10	N	0,198	0,016	0,081
MBA_v	[bub]	10	N	0,222	0,031	0,140
MBA_v	[dud]	10	N	0,205	0,020	0,100
MBA_v	[gug]	10	N	0,236	0,049	0,208
MBA_v	[byb]	10	N	0,196	0,029	0,148
MBA_v	[dyd]	10	N	0,226	0,027	0,118
MBA_v	[gyg]	10	N	0,230	0,032	0,137
MBA_v	[bab]	10	E	0,228	0,037	0,160
MBA_v	[dad]	10	E	0,213	0,029	0,137
MBA_v	[gag]	10	E	0,176	0,016	0,091
MBA_v	[bib]	10	E	0,175	0,015	0,088
MBA_v	[did]	10	E	0,174	0,020	0,117
MBA_v	[gig]	10	E	0,154	0,017	0,110
MBA_v	[bub]	10	E	0,248	0,029	0,119
MBA_v	[dud]	10	E	0,192	0,022	0,117
MBA_v	[gug]	10	E	0,216	0,038	0,175
MBA_v	[byb]	10	E	0,178	0,019	0,109
MBA_v	[dyd]	10	E	0,190	0,023	0,119
MBA_v	[gyg]	10	E	0,191	0,016	0,084
MO_v	[bab]	10	N	0,365	0,068	0,185
MO_v	[dad]	10	N	0,377	0,076	0,203
MO_v	[gag]	10	N	0,365	0,058	0,158
MO_v	[bib]	10	N	0,250	0,034	0,134
MO_v	[did]	10	N	0,208	0,030	0,146
MO_v	[gig]	10	N	0,225	0,052	0,230
MO_v	[bub]	10	N	0,238	0,028	0,117
MO_v	[dud]	10	N	0,199	0,031	0,155
MO_v	[gug]	10	N	0,196	0,027	0,140
MO_v	[byb]	10	N	0,221	0,022	0,098
MO_v	[dyd]	10	N	0,204	0,038	0,187

MO_v	[gyg]	10	N	0,211	0,073	0,347
MO_v	[bab]	10	E	0,402	0,060	0,149
MO_v	[dad]	10	E	0,390	0,040	0,102
MO_v	[gag]	10	E	0,363	0,032	0,088
MO_v	[bib]	10	E	0,328	0,035	0,108
MO_v	[did]	10	E	0,283	0,033	0,115
MO_v	[gig]	10	E	0,295	0,029	0,097
MO_v	[bub]	10	E	0,325	0,015	0,047
MO_v	[dud]	10	E	0,344	0,067	0,194
MO_v	[gug]	10	E	0,297	0,064	0,217
MO_v	[byb]	10	E	0,319	0,028	0,089
MO_v	[dyd]	10	E	0,283	0,041	0,146
MO_v	[gyg]	10	E	0,291	0,093	0,321

Tableau F.10

Nombre d'occurrences (n), moyennes (μ) et écart type (σ) de l'intensité de la voyelle (en Pascals), selon le mot cible et la condition pour les locuteurs aveugles

Loc	Cible	n	Cond.	μ	σ	σ / μ
FB_a	[bab]	10	N	0,541	0,086	0,159
FB_a	[dad]	10	N	0,493	0,113	0,230
FB_a	[gag]	10	N	0,379	0,140	0,368
FB_a	[bib]	10	N	0,300	0,062	0,208
FB_a	[did]	10	N	0,239	0,035	0,146
FB_a	[gig]	10	N	0,258	0,047	0,182
FB_a	[bub]	10	N	0,324	0,089	0,274
FB_a	[dud]	10	N	0,298	0,067	0,226
FB_a	[gug]	9	N	0,302	0,068	0,225
FB_a	[byb]	10	N	0,255	0,093	0,366
FB_a	[dyd]	10	N	0,270	0,065	0,241
FB_a	[gyg]	10	N	0,235	0,046	0,198
FB_a	[bab]	10	E	0,537	0,074	0,138
FB_a	[dad]	10	E	0,536	0,094	0,176
FB_a	[gag]	10	E	0,499	0,075	0,151
FB_a	[bib]	10	E	0,413	0,062	0,150
FB_a	[did]	10	E	0,390	0,069	0,177
FB_a	[gig]	10	E	0,342	0,033	0,096
FB_a	[bub]	10	E	0,499	0,090	0,181
FB_a	[dud]	10	E	0,451	0,047	0,103
FB_a	[gug]	9	E	0,388	0,080	0,205
FB_a	[byb]	10	E	0,388	0,061	0,157
FB_a	[dyd]	10	E	0,373	0,029	0,077
FB_a	[gyg]	10	E	0,397	0,036	0,092

DM_a	[bab]	10	N	0,163	0,029	0,175
DM_a	[dad]	10	N	0,174	0,025	0,145
DM_a	[gag]	10	N	0,152	0,031	0,201
DM_a	[bib]	10	N	0,235	0,032	0,136
DM_a	[did]	10	N	0,183	0,057	0,314
DM_a	[gig]	10	N	0,191	0,024	0,128
DM_a	[bub]	10	N	0,237	0,034	0,143
DM_a	[dud]	10	N	0,253	0,026	0,102
DM_a	[gug]	9	N	0,246	0,039	0,160
DM_a	[byb]	10	N	0,213	0,065	0,304
DM_a	[dyd]	9	N	0,229	0,019	0,085
DM_a	[gyg]	10	N	0,248	0,024	0,099
DM_a	[bab]	10	E	0,199	0,026	0,132
DM_a	[dad]	10	E	0,195	0,026	0,135
DM_a	[gag]	10	E	0,195	0,032	0,163
DM_a	[bib]	10	E	0,203	0,050	0,247
DM_a	[did]	10	E	0,203	0,056	0,275
DM_a	[gig]	10	E	0,236	0,016	0,068
DM_a	[bub]	10	E	0,247	0,066	0,267
DM_a	[dud]	10	E	0,255	0,030	0,117
DM_a	[gug]	9	E	0,250	0,022	0,086
DM_a	[byb]	10	E	0,209	0,070	0,338
DM_a	[dyd]	9	E	0,225	0,022	0,096
DM_a	[gyg]	10	E	0,249	0,018	0,073
MAR_a	[bab]	10	N	0,168	0,046	0,274
MAR_a	[dad]	10	N	0,157	0,045	0,284
MAR_a	[gag]	10	N	0,139	0,027	0,192
MAR_a	[bib]	10	N	0,200	0,035	0,176
MAR_a	[did]	10	N	0,157	0,027	0,171
MAR_a	[gig]	10	N	0,145	0,024	0,169
MAR_a	[bub]	10	N	0,191	0,058	0,306
MAR_a	[dud]	10	N	0,209	0,042	0,201
MAR_a	[gug]	10	N	0,166	0,024	0,147
MAR_a	[byb]	10	N	0,182	0,032	0,177
MAR_a	[dyd]	10	N	0,176	0,020	0,112
MAR_a	[gyg]	10	N	0,165	0,028	0,170
MAR_a	[bab]	10	E	0,291	0,056	0,194
MAR_a	[dad]	10	E	0,328	0,087	0,265
MAR_a	[gag]	10	E	0,278	0,044	0,157
MAR_a	[bib]	10	E	0,353	0,053	0,149
MAR_a	[did]	10	E	0,330	0,039	0,119
MAR_a	[gig]	10	E	0,296	0,071	0,238
MAR_a	[bub]	10	E	0,372	0,033	0,088
MAR_a	[dud]	10	E	0,375	0,049	0,130

MAR_a	[gug]	10	E	0,357	0,046	0,128
MAR_a	[byb]	10	E	0,343	0,040	0,116
MAR_a	[dyd]	10	E	0,326	0,052	0,158
MAR_a	[gyg]	10	E	0,313	0,040	0,129
YL_a	[bab]	10	N	0,446	0,091	0,204
YL_a	[dad]	10	N	0,402	0,091	0,226
YL_a	[gag]	10	N	0,397	0,071	0,180
YL_a	[bib]	10	N	0,318	0,049	0,155
YL_a	[did]	10	N	0,319	0,089	0,280
YL_a	[gig]	10	N	0,276	0,029	0,105
YL_a	[bub]	10	N	0,310	0,057	0,185
YL_a	[dud]	10	N	0,318	0,075	0,235
YL_a	[gug]	10	N	0,310	0,059	0,192
YL_a	[byb]	10	N	0,287	0,052	0,182
YL_a	[dyd]	10	N	0,306	0,050	0,164
YL_a	[gyg]	10	N	0,286	0,031	0,110
YL_a	[bab]	10	E	0,629	0,071	0,112
YL_a	[dad]	10	E	0,601	0,095	0,157
YL_a	[gag]	10	E	0,622	0,029	0,047
YL_a	[bib]	10	E	0,484	0,069	0,142
YL_a	[did]	10	E	0,482	0,075	0,155
YL_a	[gig]	10	E	0,476	0,069	0,145
YL_a	[bub]	10	E	0,524	0,077	0,146
YL_a	[dud]	10	E	0,515	0,054	0,105
YL_a	[gug]	10	E	0,475	0,044	0,092
YL_a	[byb]	10	E	0,469	0,041	0,087
YL_a	[dyd]	10	E	0,462	0,063	0,136
YL_a	[gyg]	10	E	0,486	0,060	0,123

APPENDICE G

DISTANCES EUCLIDIENNES DES DONNÉES ACOUSTIQUES

Tableau G.1

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE _v	JPR _v	MBA _v	MO _v
[b]	[a]	N/E	80,94	210,71	63,19	59,99
[d]	[a]	N/E	81,56	243,69	81,20	72,14
[g]	[a]	N/E	77,95	254,04	105,78	41,30
[b]	[i]	N/E	102,79	201,41	35,00	60,25
[d]	[i]	N/E	137,92	225,45	55,91	75,99
[g]	[i]	N/E	112,15	51,44	48,15	26,51
[b]	[u]	N/E	90,30	457,53	47,22	7,10
[d]	[u]	N/E	116,89	94,55	123,60	41,78
[g]	[u]	N/E	163,57	75,00	58,19	23,72
[b]	[y]	N/E	99,95	106,29	27,81	36,80
[d]	[y]	N/E	94,92	129,85	61,38	47,27
[g]	[y]	N/E	99,90	154,33	64,22	104,75

Tableau G.2

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphasis pour chaque voyelle, avec distinction de la consonne, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB _a	DM _a	MAR _a	YL _a
[b]	[a]	N/E	149,07	153,35	22,95	269,89
[d]	[a]	N/E	103,73	112,79	46,69	124,16
[g]	[a]	N/E	190,65	142,06	32,29	161,18
[b]	[i]	N/E	156,96	78,01	41,23	63,53
[d]	[i]	N/E	118,06	113,04	59,75	71,43
[g]	[i]	N/E	195,76	94,14	82,95	65,72
[b]	[u]	N/E	276,01	136,21	54,85	382,85
[d]	[u]	N/E	156,65	135,52	45,44	63,53
[g]	[u]	N/E	180,14	122,21	69,41	116,54

[b]	[y]	N/E	184,82	66,56	49,05	71,86
[d]	[y]	N/E	148,05	82,97	44,42	34,65
[g]	[y]	N/E	201,05	160,41	81,31	47,07

Tableau G.3

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE _v	JPR _v	MBA _v	MO _v
[b d g]	[a]	N/E	75,93	234,32	67,81	52,62
[b d g]	[i]	N/E	113,80	158,32	46,06	53,54
[b d g]	[u]	N/E	111,91	177,76	60,43	16,11
[b d g]	[y]	N/E	97,70	127,54	50,45	62,12

Tableau G.4

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant la condition neutre à la condition d'emphase pour chaque voyelle, sans distinction de la consonne, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB _a	DM _a	MAR _a	YL _a
[b d g]	[a]	N/E	147,45	133,90	33,86	184,75
[b d g]	[i]	N/E	150,48	79,74	47,86	65,41
[b d g]	[u]	N/E	197,15	130,81	51,28	182,55
[b d g]	[y]	N/E	176,37	95,69	53,30	50,78

Tableau G.5

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE _v	JPR _v	MBA _v	MO _v
[b]/[d]	[a]	N	42,85	136,95	140,08	70,01
[b]/[g]	[a]	N	76,76	238,67	247,13	118,10
[d]/[g]	[a]	N	36,63	101,86	107,19	48,11
[b]/[d]	[a]	E	36,29	149,03	96,32	126,93
[b]/[g]	[a]	E	68,56	257,92	327,84	121,74
[d]/[g]	[a]	E	33,14	110,91	231,51	7,03
[b]/[d]	[i]	N	353,35	159,64	33,53	175,12
[b]/[g]	[i]	N	177,91	288,60	145,87	69,62
[d]/[g]	[i]	N	531,25	445,52	179,29	244,74
[b]/[d]	[i]	E	339,56	131,90	33,99	161,44
[b]/[g]	[i]	E	131,38	135,32	154,99	34,21
[d]/[g]	[i]	E	464,37	266,66	182,46	193,44
[b]/[d]	[u]	N	399,41	363,52	341,17	505,74

[b]/[g]	[u]	N	172,17	247,89	83,89	221,71
[d]/[g]	[u]	N	230,98	116,25	264,89	285,93
[b]/[d]	[u]	E	318,41	29,06	205,89	469,28
[b]/[g]	[u]	E	226,87	228,81	45,74	234,78
[d]/[g]	[u]	E	93,00	201,83	164,70	243,46
[b]/[d]	[y]	N	60,11	97,87	144,97	47,84
[b]/[g]	[y]	N	300,57	186,95	262,31	121,00
[d]/[g]	[y]	N	358,95	103,62	118,61	79,40
[b]/[d]	[y]	E	64,26	45,95	107,93	56,59
[b]/[g]	[y]	E	276,14	110,45	235,99	184,94
[d]/[g]	[y]	E	339,77	77,51	130,02	128,58

Tableau G.6

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différents contextes consonantiques pour chaque voyelle, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB _a	DM _a	MAR _a	YL _a
[b]/[d]	[a]	N	133,30	131,31	104,09	109,08
[b]/[g]	[a]	N	206,83	152,48	173,55	155,73
[d]/[g]	[a]	N	84,02	54,12	74,68	46,65
[b]/[d]	[a]	E	133,46	85,13	101,99	45,10
[b]/[g]	[a]	E	194,28	151,79	175,22	57,49
[d]/[g]	[a]	E	80,38	66,77	73,28	87,19
[b]/[d]	[i]	N	182,01	278,48	9,06	59,69
[b]/[g]	[i]	N	84,96	60,92	186,35	61,01
[d]/[g]	[i]	N	265,18	325,32	178,84	120,70
[b]/[d]	[i]	E	162,68	195,24	27,95	91,39
[b]/[g]	[i]	E	22,00	56,32	142,68	47,51
[d]/[g]	[i]	E	153,02	213,58	114,99	136,62
[b]/[d]	[u]	N	255,53	404,26	337,69	355,45
[b]/[g]	[u]	N	159,52	210,84	104,04	178,08
[d]/[g]	[u]	N	98,90	198,18	234,19	177,37
[b]/[d]	[u]	E	80,44	410,81	298,45	27,72
[b]/[g]	[u]	E	38,05	186,91	83,63	97,19
[d]/[g]	[u]	E	44,57	226,60	216,14	115,99
[b]/[d]	[y]	N	42,74	76,70	28,21	14,76
[b]/[g]	[y]	N	102,57	191,04	130,16	23,16
[d]/[g]	[y]	N	145,08	123,56	102,37	13,23
[b]/[d]	[y]	E	19,05	59,96	12,88	41,00
[b]/[g]	[y]	E	146,80	76,73	75,43	51,36
[d]/[g]	[y]	E	131,71	48,97	66,19	16,41

Tableau G.7

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE _v	JPR _v	MBA _v	MO _v
[b]	[a]/[i]	N	733,51	593,58	573,05	498,06
[b]	[a]/[u]	N	766,53	1010,80	628,38	783,28
[b]	[a]/[y]	N	430,78	307,20	271,59	319,67
[b]	[i]/[u]	N	1250,68	1491,47	1071,70	1107,81
[b]	[i]/[y]	N	519,86	538,75	461,77	371,94
[b]	[u]/[y]	N	730,93	953,48	609,95	736,00
[b]	[a]/[i]	E	841,26	963,42	612,74	581,49
[b]	[a]/[u]	E	683,77	477,68	625,96	812,50
[b]	[a]/[y]	E	404,84	361,29	307,68	383,41
[b]	[i]/[u]	E	1300,34	1240,49	1079,65	1173,19
[b]	[i]/[y]	E	604,16	806,71	505,83	395,41
[b]	[u]/[y]	E	696,53	433,99	573,83	777,99
[d]	[a]/[i]	N	445,11	327,52	414,69	335,08
[d]	[a]/[u]	N	494,19	782,52	447,08	417,95
[d]	[a]/[y]	N	408,46	245,02	272,48	303,51
[d]	[i]/[u]	N	498,60	971,92	697,33	427,04
[d]	[i]/[y]	N	226,56	299,66	285,92	150,50
[d]	[u]/[y]	N	272,60	672,29	412,18	276,55
[d]	[a]/[i]	E	499,51	728,47	492,44	371,02
[d]	[a]/[u]	E	428,69	631,14	526,65	521,25
[d]	[a]/[y]	E	352,30	361,98	308,53	355,01
[d]	[i]/[u]	E	647,30	1137,38	848,72	543,93
[d]	[i]/[y]	E	332,79	641,54	374,62	179,77
[d]	[u]/[y]	E	315,65	496,00	475,62	364,95
[g]	[a]/[i]	N	832,48	620,32	478,71	459,94
[g]	[a]/[u]	N	710,76	987,51	783,09	698,35
[g]	[a]/[y]	N	515,19	242,82	260,28	333,97
[g]	[i]/[u]	N	1257,62	1532,03	1139,57	956,95
[g]	[i]/[y]	N	398,61	642,88	344,88	322,78
[g]	[u]/[y]	N	860,74	889,18	794,79	634,90
[g]	[a]/[i]	E	878,22	873,72	454,99	494,70
[g]	[a]/[u]	E	499,12	914,58	880,21	730,34
[g]	[a]/[y]	E	478,38	387,42	269,22	370,49
[g]	[i]/[u]	E	1204,12	1603,92	1192,40	978,18
[g]	[i]/[y]	E	456,57	832,34	425,35	243,61
[g]	[u]/[y]	E	747,60	771,75	767,78	734,57

Tableau G.8

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différentes voyelles pour chaque contexte consonantique, avec distinction de la condition prosodique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB _a	DM _a	MAR _a	YL _a
[b]	[a]/[i]	N	565,50	937,96	596,83	498,05
[b]	[a]/[u]	N	826,99	1149,90	758,34	432,25
[b]	[a]/[y]	N	355,26	498,16	338,51	335,05
[b]	[i]/[u]	N	1188,58	1758,09	1181,22	846,20
[b]	[i]/[y]	N	412,24	770,13	385,43	187,35
[b]	[u]/[y]	N	776,34	992,26	795,98	658,88
[b]	[a]/[i]	E	526,59	647,04	618,15	261,80
[b]	[a]/[u]	E	636,96	928,30	760,54	328,34
[b]	[a]/[y]	E	336,08	577,55	316,87	207,31
[b]	[i]/[u]	E	931,93	1080,56	1224,63	442,46
[b]	[i]/[y]	E	451,02	430,03	404,58	203,64
[b]	[u]/[y]	E	481,34	651,05	821,19	239,53
[d]	[a]/[i]	N	347,42	828,25	498,93	343,55
[d]	[a]/[u]	N	702,96	1075,22	508,86	227,82
[d]	[a]/[y]	N	336,48	517,57	284,88	250,76
[d]	[i]/[u]	N	751,33	1601,82	854,54	431,22
[d]	[i]/[y]	N	271,30	630,65	365,23	116,22
[d]	[u]/[y]	N	481,07	971,28	489,66	315,02
[d]	[a]/[i]	E	333,91	1011,68	544,55	223,60
[d]	[a]/[u]	E	633,73	1126,90	574,83	278,98
[d]	[a]/[y]	E	300,22	585,28	282,14	203,02
[d]	[i]/[u]	E	696,72	1750,60	953,45	332,25
[d]	[i]/[y]	E	280,33	788,58	418,70	77,14
[d]	[u]/[y]	E	420,33	962,91	535,16	256,20
[g]	[a]/[i]	N	413,02	791,68	600,75	409,50
[g]	[a]/[u]	N	805,81	842,52	804,29	405,98
[g]	[a]/[y]	N	278,01	592,82	287,27	230,20
[g]	[i]/[u]	N	1111,57	1145,73	1262,98	729,09
[g]	[i]/[y]	N	395,94	537,40	442,25	225,24
[g]	[u]/[y]	N	718,60	608,54	822,01	503,85
[g]	[a]/[i]	E	335,31	856,45	548,51	245,23
[g]	[a]/[u]	E	740,41	1068,41	832,68	449,66
[g]	[a]/[y]	E	279,73	543,80	237,02	186,10
[g]	[i]/[u]	E	878,81	1580,08	1276,17	584,63
[g]	[i]/[y]	E	289,19	727,81	469,80	199,47
[g]	[u]/[y]	E	590,06	852,31	807,10	385,40

Tableau G.9

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs voyants

C	V	Cond.	CE_v	JPR_v	MBA_v	MO_v
[b d g]	[a]/[i]	N	655,74	507,80	487,97	423,55
[b d g]	[a]/[u]	N	650,00	926,55	616,17	624,98
[b d g]	[a]/[y]	N	432,88	263,30	267,99	318,85
[b d g]	[i]/[u]	N	1002,28	1331,79	969,51	830,57
[b d g]	[i]/[y]	N	381,17	493,65	363,96	281,63
[b d g]	[u]/[y]	N	621,14	838,18	605,56	549,13
[b d g]	[a]/[i]	E	734,04	853,13	519,24	474,94
[b d g]	[a]/[u]	E	533,47	668,73	673,58	683,83
[b d g]	[a]/[y]	E	393,03	365,06	291,39	365,50
[b d g]	[i]/[u]	E	1050,53	1327,24	1040,20	898,09
[b d g]	[i]/[y]	E	464,07	760,16	434,68	272,75
[b d g]	[u]/[y]	E	586,46	567,10	605,53	625,47

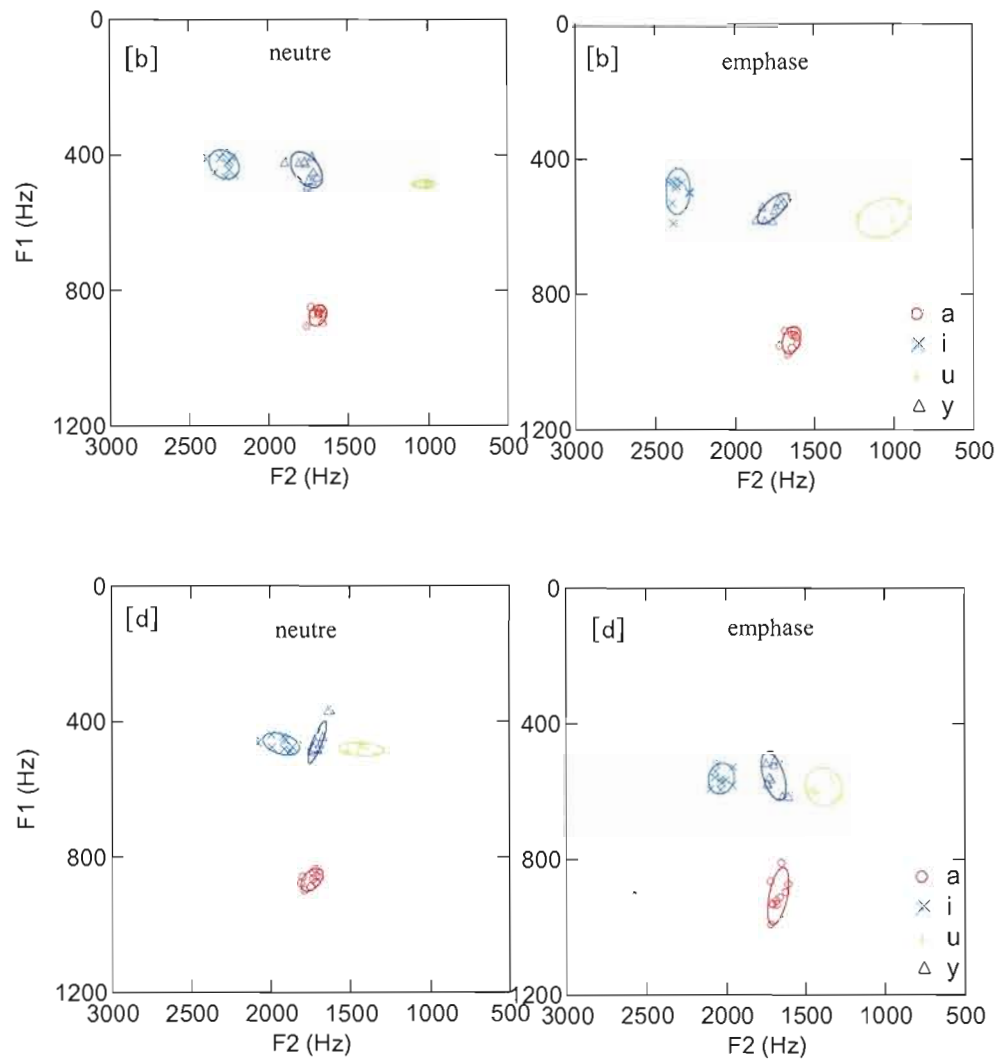
Tableau G.10

Distances euclidiennes (en Hertz) opposant les différentes voyelles pour chaque condition prosodique, sans distinction du contexte consonantique, des locuteurs aveugles

C	V	Cond.	FB_a	DM_a	MAR_a	YL_a
[b d g]	[a]/[i]	N	429,15	795,01	565,33	416,12
[b d g]	[a]/[u]	N	776,21	1047,92	689,43	349,44
[b d g]	[a]/[y]	N	315,74	529,67	302,71	269,93
[b d g]	[i]/[u]	N	1017,15	1480,02	1099,44	668,83
[b d g]	[i]/[y]	N	359,01	609,17	397,46	176,24
[b d g]	[u]/[y]	N	658,23	871,05	702,14	492,59
[b d g]	[a]/[i]	E	391,66	883,51	569,83	242,73
[b d g]	[a]/[u]	E	668,62	1009,14	720,64	349,23
[b d g]	[a]/[y]	E	302,21	573,03	275,71	195,73
[b d g]	[i]/[u]	E	835,68	1492,04	1151,30	453,10
[b d g]	[i]/[y]	E	339,62	684,47	430,95	160,00
[b d g]	[u]/[y]	E	497,21	807,64	721,09	293,64

APPENDICE H

TRAPÈZES ACOUSTIQUES



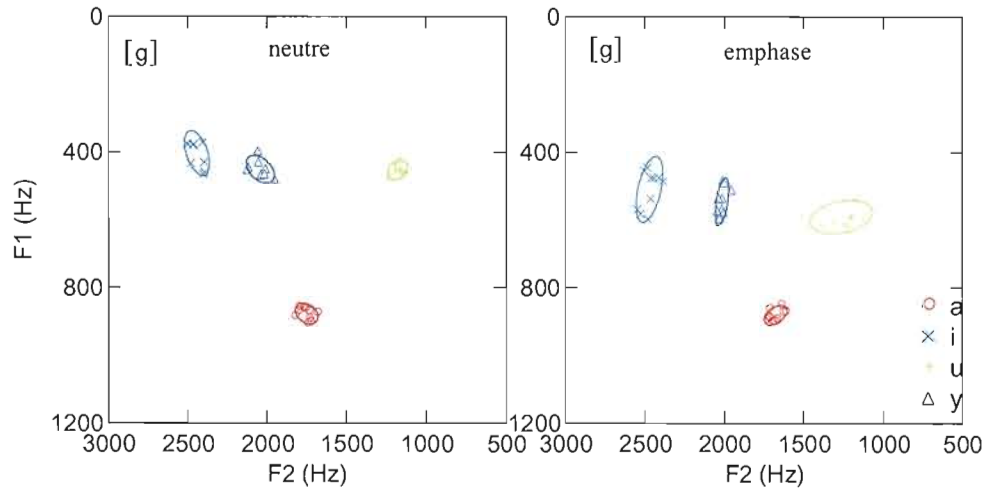
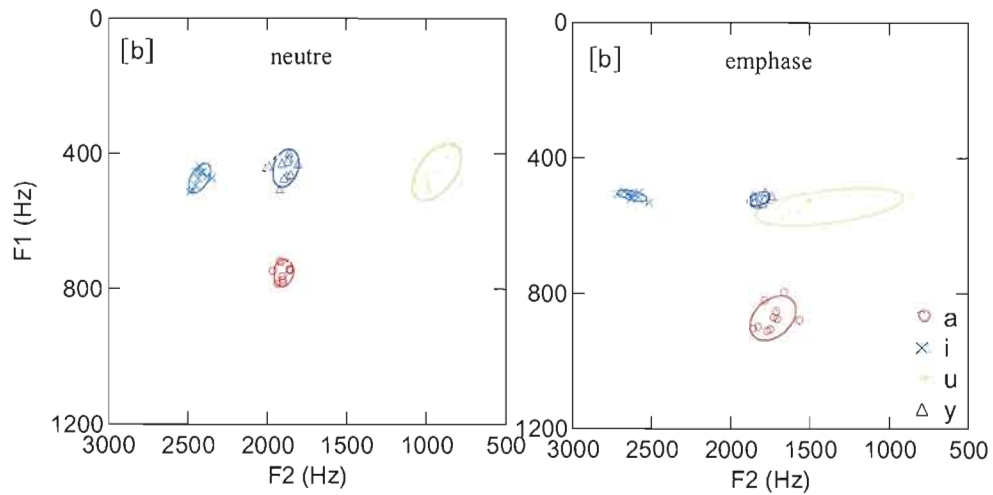


Figure H.1 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice voyante CE_v pour les deux conditions prosodiques.



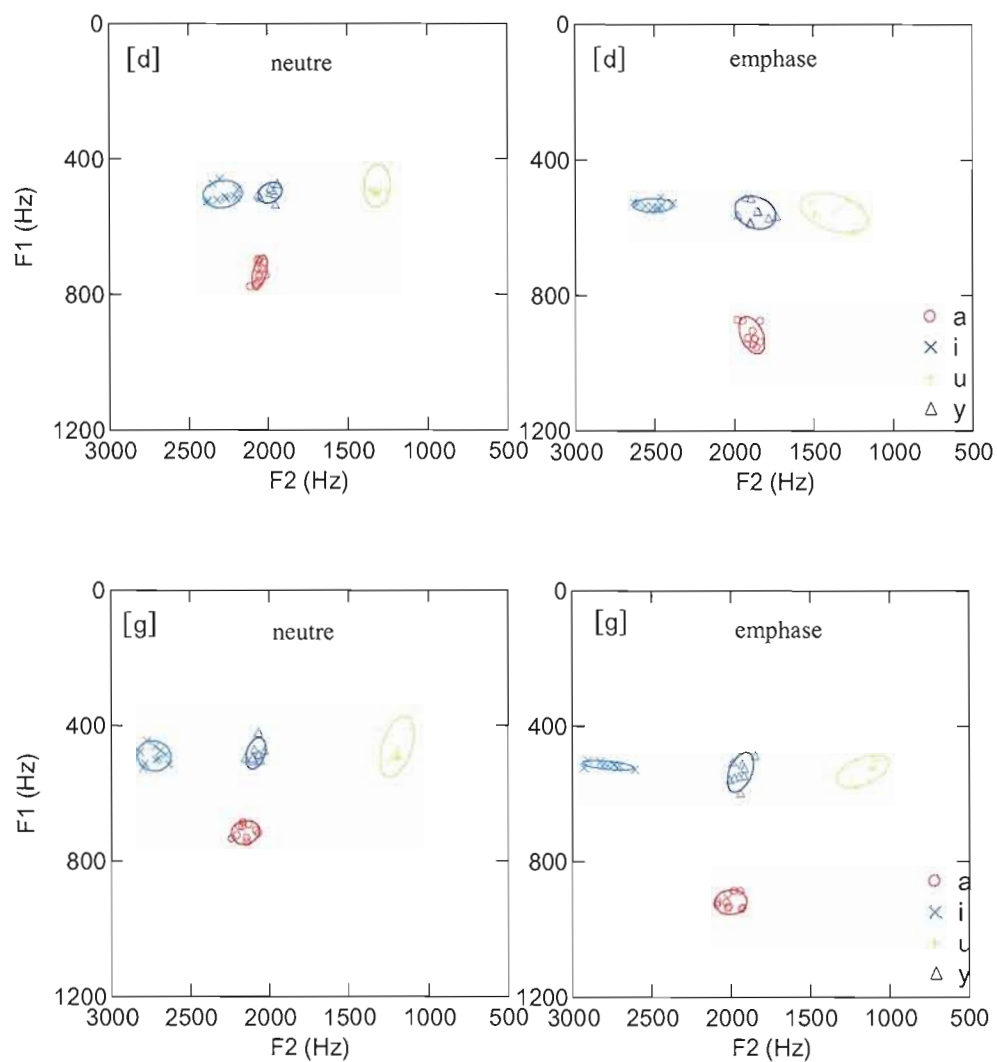
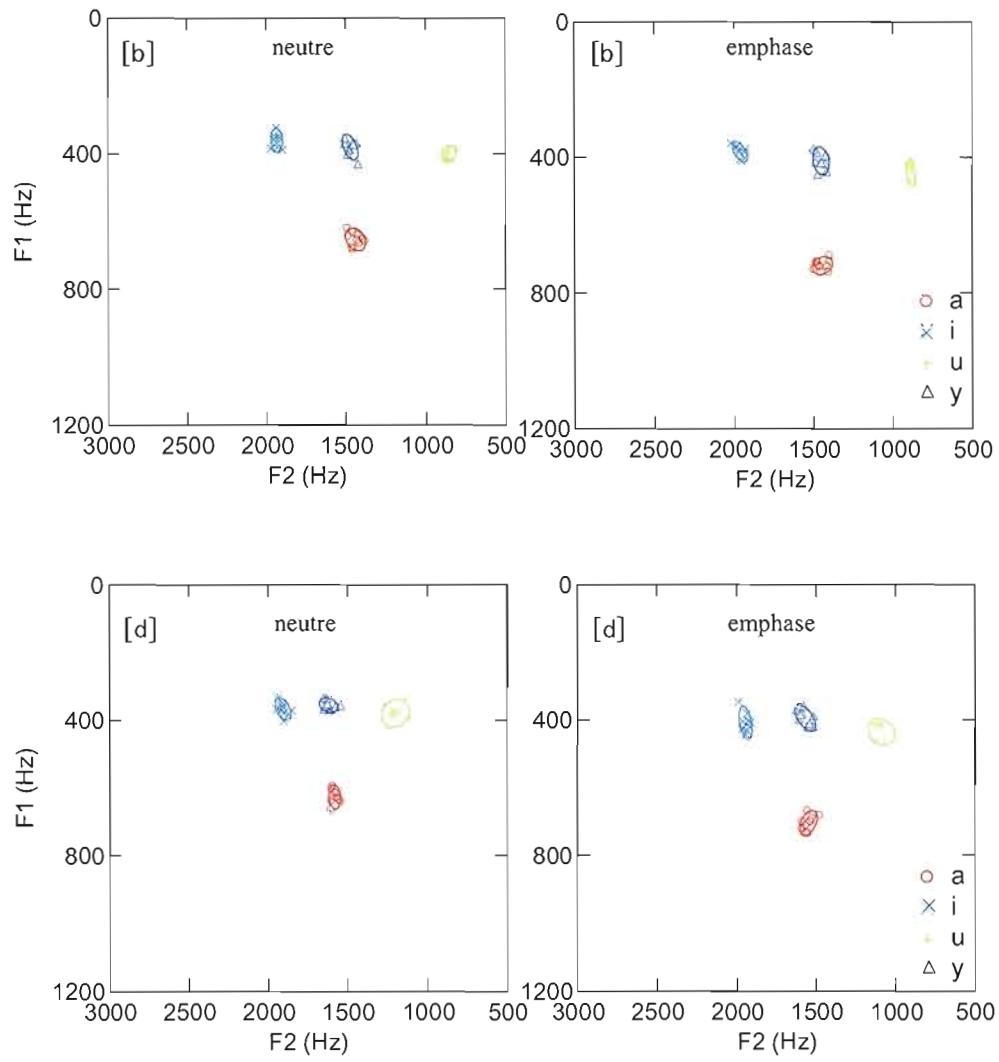


Figure H.2 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice voyante JPR_v pour les deux conditions prosodiques.



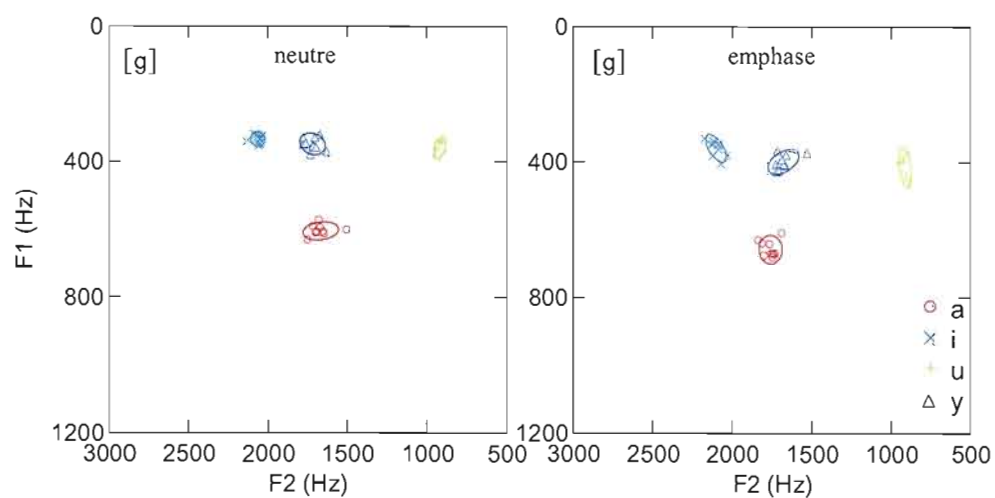
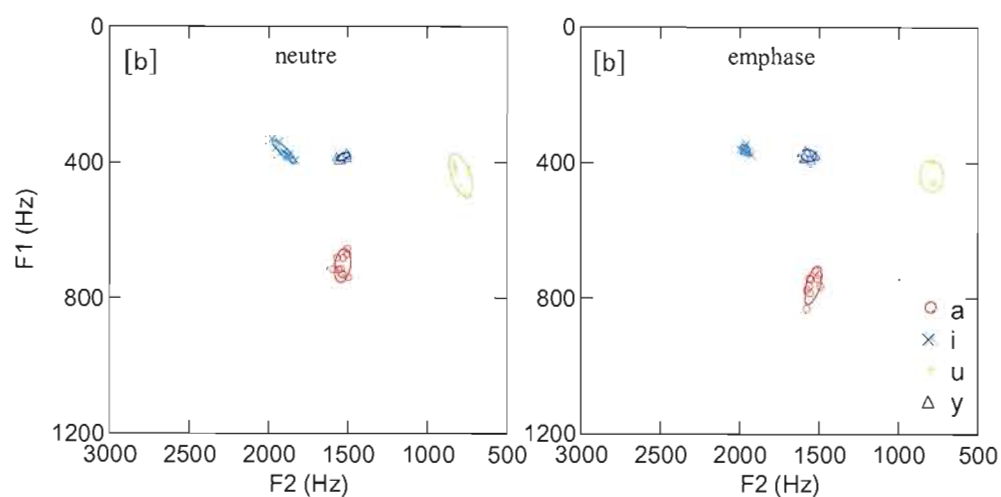


Figure H.3 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur voyant MBA_v pour les deux conditions prosodiques.



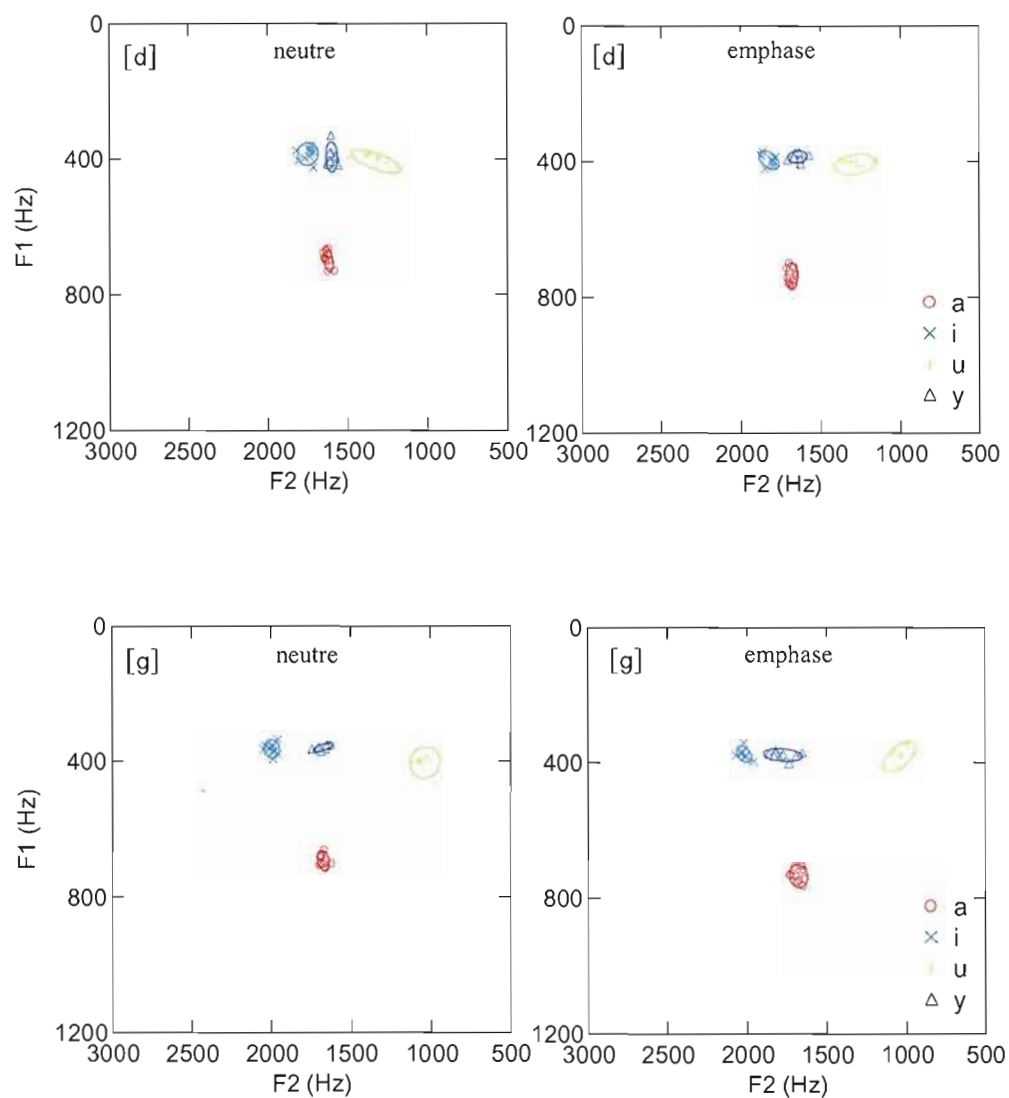
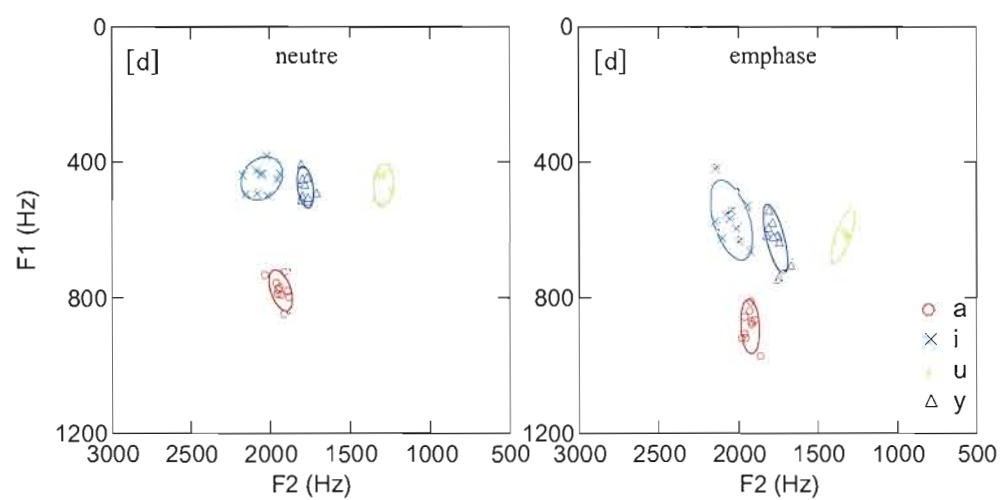
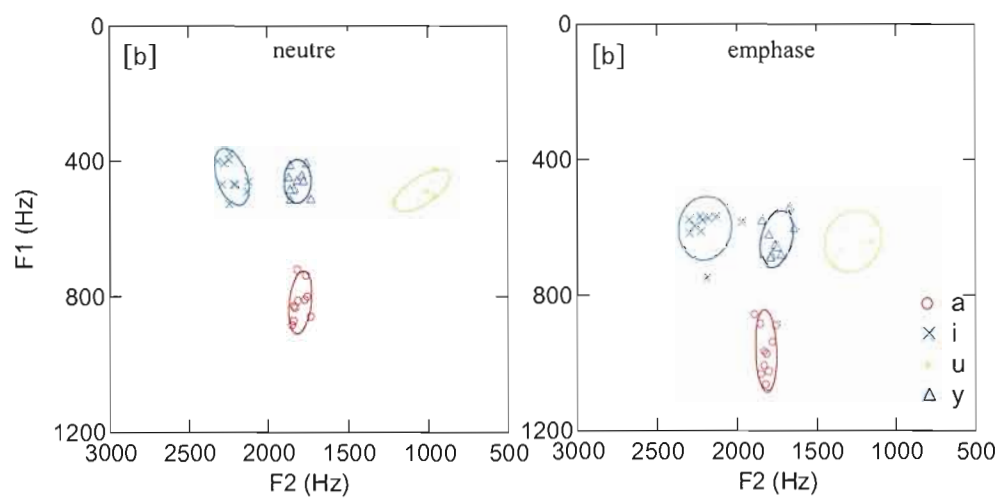


Figure H.4 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur voyant MO_v pour les deux conditions prosodiques.



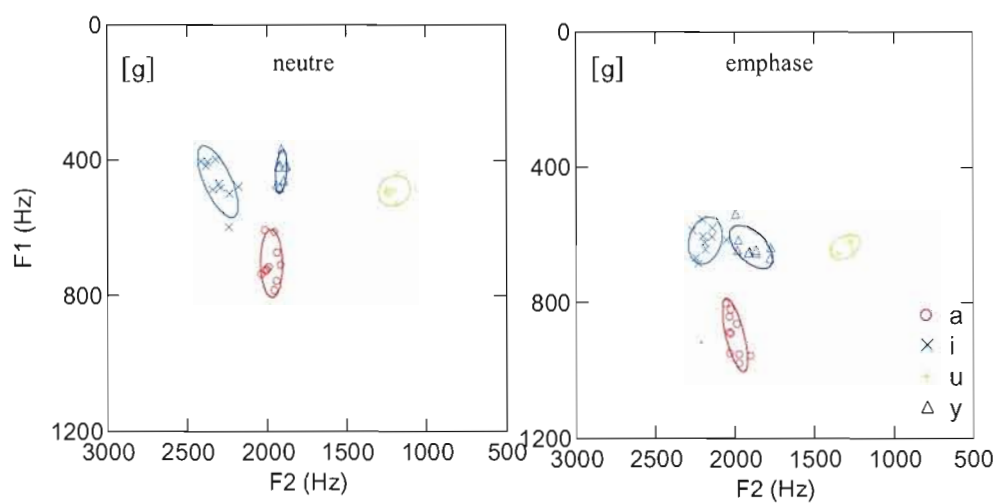
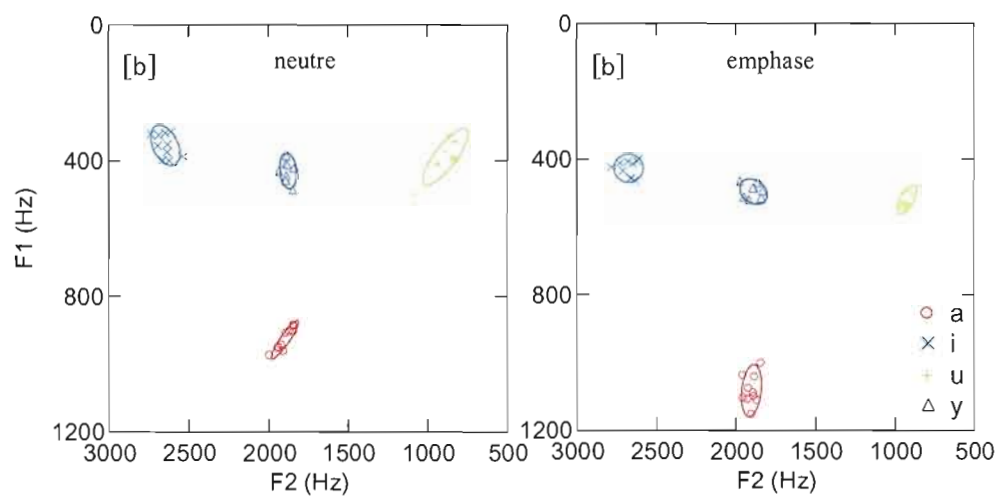


Figure H.5 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice aveugle FB_a pour les deux conditions prosodiques.



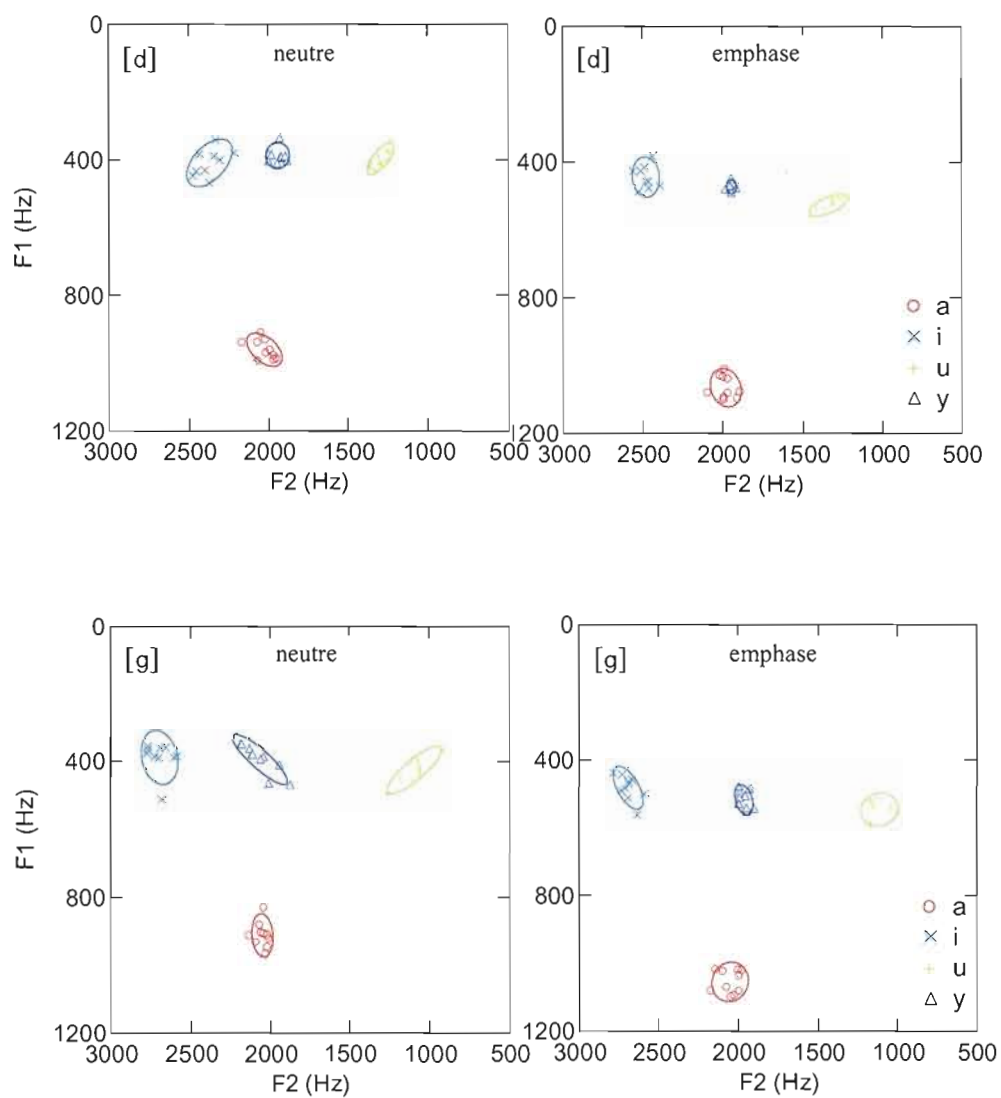
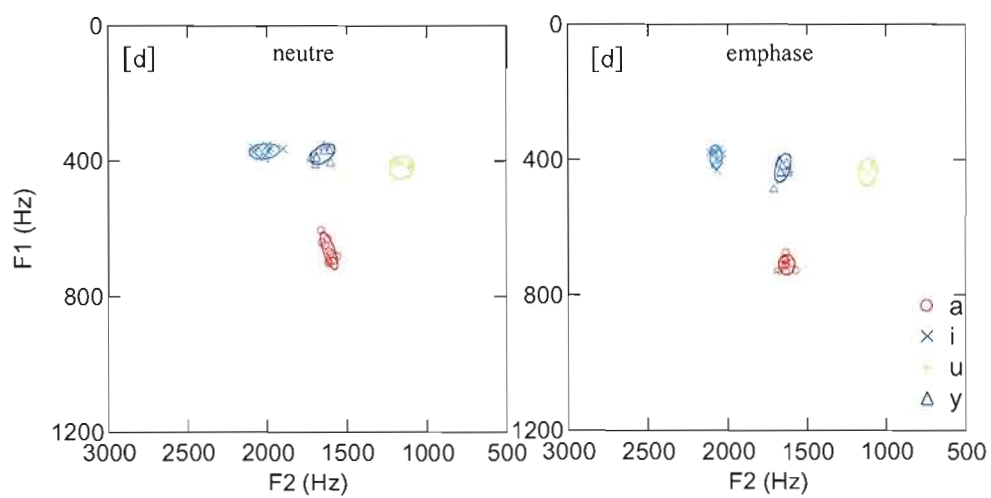
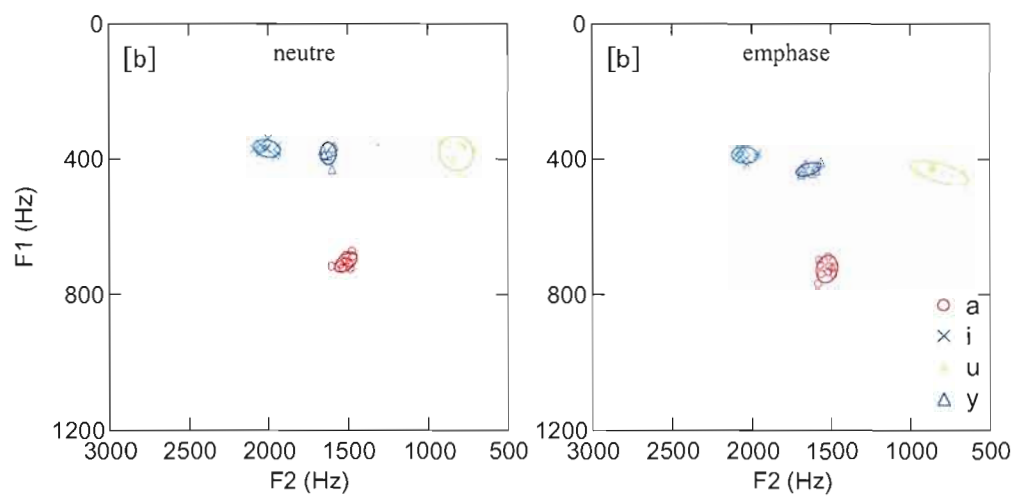


Figure H.6 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par la locutrice aveugle DM_a pour les deux conditions prosodiques.



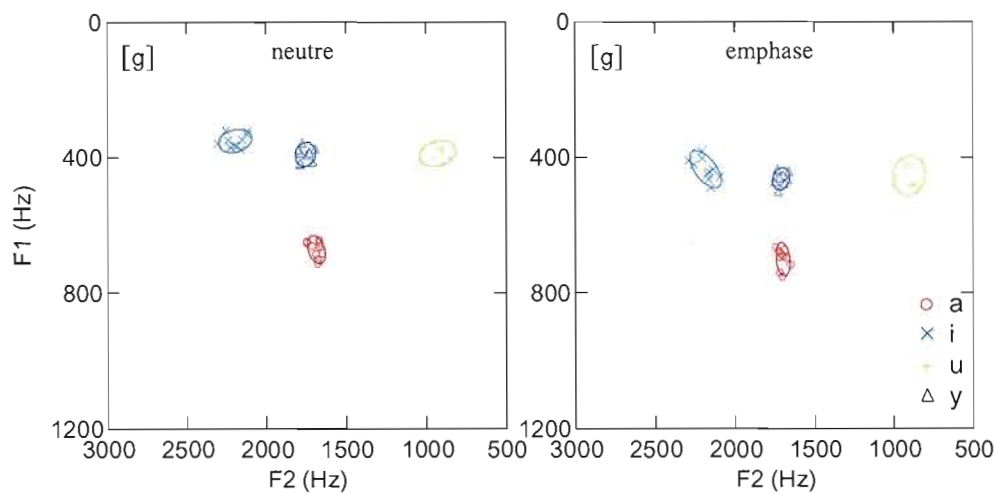
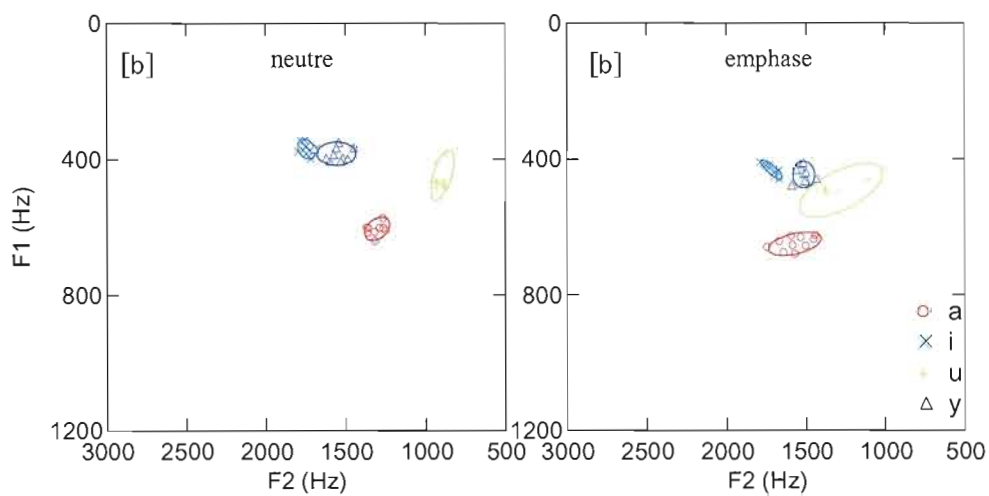


Figure H.7 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur aveugle MAR_a pour les deux conditions prosodiques.



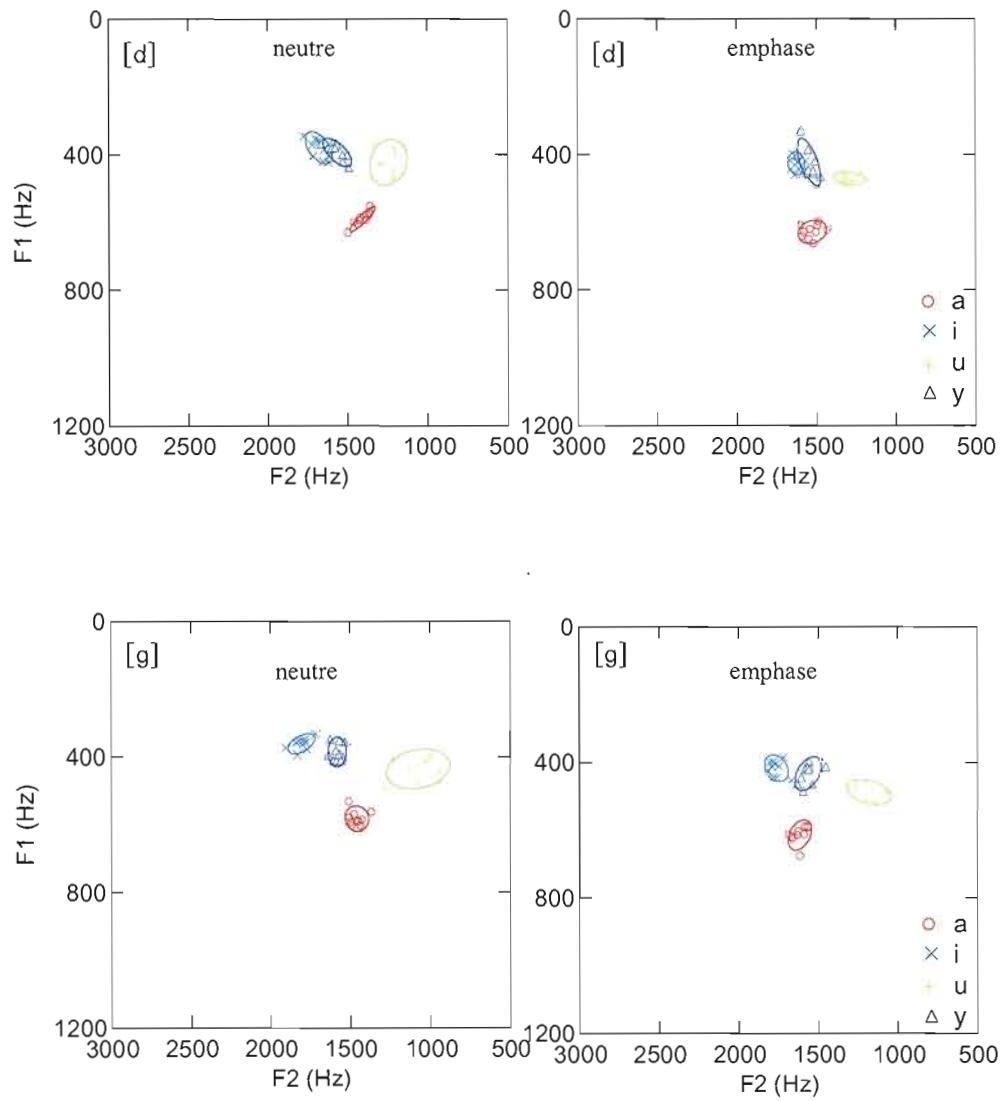


Figure H.8 Trapèzes vocaliques dans le plan F1 versus F2 (en Hertz) des voyelles produites dans les contextes consonantiques [b], [d] et [g] par le locuteur aveugle YL_a pour les deux conditions prosodiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Abry, C. et L.J. BOË. 1986. « 'Laws' for lips ». *Speech Communication*, no 5, p.97-104.
- Abry, C., L.J. Corsi, R. Descout, M. Gentil, et P. Graillot. 1980. *Labialité et phonétique : Données fondamentales et études expérimentales sur la géométrie et la motricité labiales*. Grenoble, Publications de l'Université des Langues et des lettres de Grenoble.
- Axelrod, S. 1959. *Effects of early blindness*. New York : American Foundation for the blind.
- Bartholomeus, B. 1971. « Naming of meaningful nonverbal sounds by blind children ». *Perceptual Motor Skills*, no 33, p.1289-1290.
- Beckman, M.E., J. Edwards, et J. Fletcher. 1992. « Prosodic structure and tempo in a sonority model of articulatory dynamics ». In *Papers in Laboratory Phonology II: Segment, gesture, prosody*, sous la dir. de Docherty, G.H., et D.R. Ladd, Cambridge University Press, p.68-86.
- Bell-Berti, F., L.J. Raphael, D.B. Pisoni, et J.R. Sawush. 1979. « Some relationships between speech production and perception ». *Phonetica*, no 36, p.373-383.
- Benedetti, L. et M. Loeb. 1972. « A comparison of auditory monitoring performance in blind subjects and that of sighted subjects in light and dark ». *Perception & Psychophysics*, no 11, p.10-16.
- Benoît, C., T. Lallouache, T. Mohamadi, et C. Abry. 1992. « A set of Frech visemes for visual speech synthesis ». In *Talking Machines . Theories, Models, and Designs*, sous la dir. de Bailly, G., C. Benoît, et T.R. Sawallis, Amsterdam : Elsevier Sciences Publication
- Bertelson, P., J. Morais, P. Mousty, et C. Hublet. 1987. « Spatial constraints on attention to speech in the blind ». *Brain and Language*, no 32, p.68-75.
- Blumstein, S.E. 1986. « On acoustic invariance in speech ». In *Invariance and Variability in Speech Processes*, sous la dir. de Perkell, J.S. et D.H. Klatt, Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, p.178-193.
- Blumstein, S.E. et K.N. Stevens. 1979. « Acoustic invariance in speech production : Evidence from measurements of the spectral characteristics of stop consonants ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 66, no 4, p.1001-1017.

- Boë, J.-L., C. Abry, D. Beautemps, J.-L. Schwartz, et R. Laboissière. 2000. « Les sosies vocaliques : Inversion et focalisation ». *23^e Journées d'Étude sur la Parole*, Aussois, p.257-260.
- Boë, L.-J., P. Perrier, et A. Morris. 1992. *Une prédiction de l'audibilité des gestes de la parole à partir d'une modélisation articulatoire*. 19^e Journées d'Étude sur la Parole, Bruxelles (Belgique).
- Brancazio, L., J.L. Miller, et M.A. Paré. 2003. « Visual influences on the internal structure of phonetic categories ». *Perception & Psychophysics*, vol. 65, no 4, p.591-601.
- Bull, R. H. Rathborn, et B.R. Clifford. 1983. « The voice recognition accuracy of blind listeners ». *Perception*, no 12, p.223-226.
- Burlingham, D. 1961. « Some notes on the development of the blind ». *Psychoanalytic Study of the Child*, no 16, p.121-145.
- Camirant, J. 2001. Enquête québécoise sur les limitations d'activités, 1998. Québec : Institut de la statistique du Québec, 516p.
- Cathiard, M.-A. 1994. « La perception visuelle de l'anticipation des gestes vocaliques : cohérence des événements audibles et visibles dans le flux de parole ». Thèse de doctorat en Sciences cognitives. Grenoble, Université Pierre Mendès-France, 333p.
- Cho, T. 2005. « Prosodic strengthening and featural enhancement : Evidence from acoustic and articulatory realizations of /a i/ in English ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 117, no 6, p.3867-3878.
- Cleary, M. et D.B. Pisoni. 2001. « Speech perception and spoken word recognition : Research and theory ». In *Blackwell Handbook of Perception ; Handbook of Experimental Psychology*, sous la dir. de Goldstein, E.B., Massachusetts : Blackwell.
- Colin, C., M. Radeau, A. Soquet, D. Demolin, F. Colin, et P. Deltenre. 2002. « Mismatch negativity evoked by the McGurk-MacDonald Effect : A phonetic representation within short-term memory ». *Clinical Neurophysiology*, no 113, p.495-506.
- DeJong, K. 1995. « The Supraglottal articulation of prominence in English : Linguistic stress as localized hyperarticulation ». *Journal of the Acoustical Society of America*, no 97, p.491-504.
- DeJong, K., M.E. Beckman, et J. Edwards. 1993. « The Interplay between prosodic structure and coarticulation. *Language and Speech*, vol. 36, no 2-3, p.197-212.
- Di Cristo, A. 2000. « Vers une modélisation de l'accentuation du français. *Journal of French Languages Studies*, no 10, p.27-44.

- Dodd, B. 1983. « The visual and auditory modalities in phonological acquisition ». In *Language Acquisition in the blind child*, sous la dir. de Mills, A.E., London : Croom Helm.
- Dupont, S. 2006. « Le rôle de la vision dans la perception et la production de la parole: Étude des voyelles orales du français québécois produites et perçues par des adultes voyants et aveugles ». Mémoire de maîtrise en Linguistique. Montréal, Université du Québec à Montréal.
- Dupont, S., J. Aubin, et L. Ménard. 2005. « A study of the McGurk effect in 4 and 5-year-old French Canadian children ». *Zas Papers in Linguistics*, no 40, p.1-17.
- Eisenstadt, A. 1955. « The speech status and the speech ability of visually handicapped children ». *Speech Monographs*, no 22, p.199-200.
- Elstner, W. 1983. « Abnormalities in the verbal communication of visually-impaired children. In *Language acquisition in the blind child*, sous la dir. de A.E. Mills, London : Croom Helm, p.18-41.
- Erber, N.P. 1975. « Auditory-visual perception of speech ». *Journal of Speech and Hearing disorders*, no 40, p.481-492.
- Erickson, D., K. Iskarous, et D. Whalen. 2005. « Production of hyperarticulated vs. contrastively accented vowels ». *A Century of Experimental Phonetics : Its History and Development*, Grenoble, Institut de la Communication Parlée.
- Erikson, D. 2002. « Articulation of extreme formant patterns for emphasized vowels ». *Phonetica*, no 59, p.134-149.
- Erickson, D. 1998. « Effects of contrastive emphasis on jaw opening ». *Phonetica*, no 55, p.147-169.
- Erickson, D., O. Fujimura, et B. Pardo. 1998. « Articulatory correlates of prosodics control : Emotion and emphasis ». *Language and Speech*, vol. 41, no 3-4, p.399-417.
- Fant, G. 1960. *The acoustic theory of speech production*. The Hague, Mouton.
- Fisher, C.G. 1968. « Confusion among visually perceived consonants ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 11, p.796-804.
- Fletcher, S.G. 1993. « Jaw position in vowel production and perception ». *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, no 3, vol 1, p.171-189.
- Fodor, J. 1983. *The Modularity of mind*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Fowler, C.A. 1986. « An event approach to the study of speech perception from a direct-realist perspective ». *Journal of Phonetics*, no 14, p.3-28.

- Fowler, C.A. 1990. « Calling a mirage a mirage : direct perception of speech produced without a tongue ». *Journal of Phonetics*, no 18, p.529-541.
- Fowler, C.A. 1996. « Listeners do hear sounds, not tongues ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 99, no3, p.1730-1741.
- Fraiber, S. 1974. « Blind infants and their mothers : An examination of the sign system. In *The effect of the infant on its caregiver. The origins of behaviour series*, sous la dir. de Lewis, M. et L. Rosenblum, New York : Wiley, vol. 1, p.215-232.
- Fox, R.A. 1982. « Individual variation in the perception of vowels ». *Phonetica*, no 39, p.1-22.
- Gentil, M. 1980. « Labialité en français. Étude phonétique et aspects physiologiques des lèvres : géométrie, cinématique, électromyographie et idiolectologie ». Thèse de 3^e cycle, Phonétique, Université Stendhal, Grenoble.
- Guenther, F.H. et S.S. Ghosh. 2003. « A model of cortical and cerebellar function in speech ». *15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelone.
- Guenther, F.H., M. Hampson, et D. Johnson. 1998. « A theoretical investigation of references frames for planning of speech movements ». *Psychological Review*, no 105, p.611-633.
- Green, K.P. et P.K. Kuhl. 1989. « The role of visual information in the processing of place and manner features in speech perception ». *Perception and Psychophysics*, vol. 45, no 1, p.34-42.
- Gibson, J.J. 1966. *The senses considered as perceptual systems*. Boston, Massachusset: Houghton-Mifflin,.
- Goldstein, U.G. 1980. *An articulatory model for the vocal tract of the growing children*. Thesis of Doctor of Science, MIT, Cambridge, Massachusett.
- Göllesz, V. 1972. « Über die Lippenartikulation der von Geburt an Blinden ». *Papers in Interdisciplinary Speech Research. Speech Symposium*, Budapest, Akadémiai Kiado, p.85-91.
- Gougoux, F., F. Lepore, M. Lassonde, P. Voss, R.J. Zatorre, et P. Belin. 2004. Pitch discrimination in the early blind ». *Nature*, p.430-309.
- Harrington, J., J. Fletcher, et C. Robertz. 1995. « Coarticulation and the accented/unaccented distinction : evidence from jaw movement data ». *Journal of Phonetics*, no 23, p.305-322.
- Hirts, D.J., et A. Di Cristo. 1998. A survey of intonation systems. In *Intonation sytems : a Survey of twenty languages*, sous la dir. de Hirts, D.J., et A. Di Cristo, Cambridge: Cambridge University Press, p.1-44.

- Hugdahl, K., M. Ek, F. Takio, T. Rintee, J. Tuomainen, C. Haarala, et H. Hamalainen. 2004. « Blind individuals show enhanced perceptual and attentional sensitivity for identification of speech sounds ». *Cognitive Brain Research*, no 19, p.28-32.
- Jakobson, R., G. Fant, et M. Halle. 1952. *Preliminaries to Speech Analysis*. Cambridge : MIT.
- Jun, S.-A. et C. Fougeron. 2000. « A phonological model of French intonation ». In *Intonation : Analysis, Modelling and Technology*, sous la dir. de A. Botinis, KAP, Dordrecht, p.209-242.
- Juurma, J. 1967. *Ability structure and loss of vision*. New-York : American Foundation for the Blind.
- Karavatos, A., C. Kaprinis, et A. Teavaras. 1984. « Hemispheric specialization for language in the congenitally blind : The influence of the Braille system ». *Neuropsychologia*, no 22, p.521-525.
- Kent, R.D. 1976. « Anatomical and neuromuscular maturation of the speech mechanism : evidence from acoustic studies ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 19, p.421-447.
- Kent, R.D. 1992. « The biology of phonological development ». In *Phonological development: Models, research, implication*, sous la dir. de Ferguson, C.A., L. Menn, et C. Stoel-Gammon. Timonium, York Press.
- Kent, R.D. 1997. *The speech sciences*, San Diego/London, Singular Publishing Group.
- Kuhl, P.K. et A.N. Meltzoff. 1982. « The bimodal perception of speech in infancy ». *Science*, no 218, p.1138-1141.
- Ladefoged, P. 2001. *Vowels and consonants : An introduction to the sounds of language*. Malden, Blackwell.
- Lallouache, M.T. 1990. « Un poste 'visage-parole'. Acquisition et traitement de contours labiaux ». 18e Journées d'Étude de la Parole du GCP du GALF, p.282-286.
- Lallouache, M.T. 1991. « Un poste 'Visage-Parole' couleur : Acquisition et traitement automatique des contours des lèvres ». Thèse de doctorat INP, Grenoble.
- Landau, B. 1983. « Blind Children's language is not meaningless ». In *Language acquisition in the blind child*, sous la dir. de A.E. Mills, London : Croom Helm, p.62-76.
- Lane, H., M. Matthies, J. Perkell, J. Vick, et M. Zandipour. 2001. « The effects of changes in hearing status in cochlear implant users on the acoustic vowel space and CV coarticulation ». *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no 44, p.552-563.

- Larsen, S. et K. Hakonsen. 1983. « Absence of ear asymmetry in blind children on a dichotic listening task compared to sighted controls ». *Brain and Language*, no 18, p.192-198.
- Lewis, M.M. 1975. *Infant speech : A study of the beginnings of language*. New York : Arno Press.
- Lieberman, A.M. et I.G. Mattingly. 1985. « The motor theory of speech perception revised ». *Cognition*, no 21, p.1-36.
- Lieberman, A.M., R. Cooper, D. Shankweiler, et M. Studdert-Kennedy. 1967. « Perception of the speech code ». *Psychological Review*, no 74, p.431-461.
- Lindblom, B. 1998. « Systemic constraints and adaptive change in the formation of sound structure ». In *Approaches to the Evolution of Language*, sous la dir. de J.R. Huford, M. Studdert-Kennedy, et C. Knight, Cambridge University Press, p.242-264.
- Lindblom, B. 1996. « Role of articulation in speech perception: clues from production ». *Journal of the Acoustical Society of America*, no 99, p.1683-1692.
- Lindblom, B. 1990. « Explaining phonetic variation : a sketch of the H&H theory ». In *Speech production and speech modeling, NATO ASI Series D: Behavioural and social sciences*, sous la dir. de H.J. Hardcastle, et A. Marchal, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.403-439.
- Lindblom, B. 1987. « Adaptative variability and absolute constancy in speech signal : Two themes in the quest for phonetic invariance ». *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*, Talinn, no 3, p.9-18.
- Lindblom, B. et O. Engstrand. 1989. « In what sense is speech quantal ? » *Journal of Phonetics*, no 17, p.107-121.
- Lindblom, B. et J. Sundberg. 1971. « Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 4, no2, p.1166-1179.
- Lisker, L. et M. Rossi. 1992. « Auditory and visual cueing of the [±rounded] feature of vowels ». *Language and Speech*, no 35, p.391-417.
- Loevenbruck, H. 1999. « An investigation of articulatory correlates of the accentual phrase in French ». *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*, San Francisco, no 1, p.667-670.
- Lucas, S. A. 1984. « Auditory discrimination and speech production in the blind child ». *International Journal of Rehabilitation Research*, vol.7, no 1, p.74-76.

- Maeda, S. 1989. « Compensatory articulation during speech: evidence from the analysis and synthesis of vocal-tract shapes using an articulatory model ». In *Speech production and Modelling*, sous la dir. de W. J. Hardcastle et A. Marshal, Kluwer : Academic Publishers, p. 131-149.
- Marieb, E. N. 2005. *Anatomie et physiologie humaines*. St-Laurent (Québec) : Édition du Renouveau pédagogique.
- Martin, P. 1996. *Éléments de phonétique avec application au français*. Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval.
- Massaro, D.W. 1984. « Children's perception of visual and auditory speech ». *Child Development*, no 55, p.1777-1788.
- Max, L. et Onghena P. 1999. « Some issues in the statistical analysis of completely randomized and repeated measures designs for speech, language, and hearing research ». *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, no 42, p.261-270.
- McGurk, H. et J. MacDonald. 1976. « Hearing lips and seeing voices ». *Nature*, no 264, p.746-748.
- Ménard, L. 2002. *Production et perception des voyelles au cours de la croissance du conduit vocal: variabilité, invariance et normalisation*. Thèse de doctorat en Sciences du Langage. Grenoble, Université Stendhal Grenoble 3.
- Ménard, L. et L.-J. Boë. 2004. « L'émergence du système phonologique chez l'enfant : l'apport de la modélisation articulatoire ». *Revue canadienne de linguistique*, no 49, vol 2, p.155-174.
- Ménard, L., H. Loevenbruck, et C. Savariaux. 2006. « Articulatory and acoustic correlates of contrastive focus in French : a developmental study ». In *Towards a better understanding of speech production processes*, sous la dir. de Harrington, J. et M. Tabain. New York : Psychology Press.
- Meynadier, Y. 2003. « Interaction entre prosodie et coarticulation linguopalatale en français. Thèse de doctorat, Univeristé de Provence.
- Miller, L. 1992. Diderot reconsidered : « Visual impairment and auditory compensation ». *Journal of Visual Impairment & Blindness*, vol. 86, no 5, p.206-210.
- Mills, A.E. 1983. *Language acquisition in the blind child: Normal and deficient*. San Diago, CA : College-Hill Press.
- Mills, A.E. 1987. « The development of phonology in the blind child ». In *Hearing by eye: The Psychology of lip-reading*, sous la dir. de Dodd, B. et R. Campbell, Londres : Lawrence Erlbaum Associates, p.145-163.

- Montgomery, A.A. et P.L. Jackson. 1983. « Physical characteristics of the lips underlying vowel lipreading performance ». *Journal of the Acoustical Society of America*, no 73, vol. 6, p.2134-2144.
- Netter, F. 2002. *Atlas d'anatomie humaine*. Paris : Masson.
- Niemeyer, W. et I. Starlinger. 1981. « Do the blind hear better ? Investigations on auditory processing in congenital or early acquired blindness. II. Central functions ». *Audiology*, no 20, p.510-515.
- Perkell, J.S., F.H. Guenther, H. Lane, M.L. Matthies, P. Perrier, J. Vick, R. Wilhelms-Tricario et M. Zandipour. 2000. « A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss ». *Journal of Phonetics*, no 28, p.233-272.
- Perkell, J.S., F.H. Guenther, H. Lane, M.L. Matthies, E. Stockmann, M. Tiede et M. Zandipour. 2004. « The distinctness of speakers' productions of vowel contrasts is related to their discrimination of the contrasts ». *Journal Acoustic Society of America*, vol. 116, no 4, p.2338-2344.
- Perkell, J.S., M.L. Matthies, F.Guenther, M. Tiede, M. Zandipour, E. Stockmann, et N. Marrone. 2003. « Sensory goals for speech movements : cross-subject relations among production, perception and the use of an articulatory saturation effect ». *Proceedins of the 6th International Seminar on Speech Production*, Sydney (Australia), p.219-224.
- Perkell, J.S., M.L. Matthies, H. Lane, F.H. Guenther, R. Wilhelms-Tricario, J. Wozniak, et P. Guid. 1997. « Speech motor control : Acoustic goals, saturation effects, auditory feedback and internal models ». *Speech Communication*, no 22, p.227-250.
- Perkell, J.S., M.L. Matthies, M.A. Svirsky, et M.I. Jordan. 1995. « Goal-based speech motor control: A theoretical framework and some preliminary data ». *Journal of Phonetics*, no 23, p.23-35.
- Pitman, D. 1965. « The musical ability of blind children ». *Research Bulletin, American Foundation for the Blind*, no 11, p.63-80.
- Prost, V., R. Espesser, C. Sabater, K. Thomas-Bartalucci, et V. Rey. 2002. «Entraînement de la conscience phonologique d'enfants déficients visuels : Quel support temporo-phonologique ? » *XXIVèmes Journées d'Étude sur la Parole*, Nancy, 24-27 juin, p.137-140.
- Raphael, L.J. et F. Bell-Berti. 1975. « Tongue musculature and the feature of tension in English vowels ». *Phonetica*, no 32, p.61-73.
- Rice, C. 1970. Early blindness, early experience, and perceptual enhancement. *Research Bulletin, American Foundation for the Blind*, no 22, p.1-22.

- Robert-Ribès, J., J.-L. Schwartz, T. Lallouache, et P. Escudier. 1998. « Complementarity and synergy in bimodal speech : Auditory, visual identification of french oral vowels in noise ». *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 103, no 6, p.3677-3689.
- Roseblum, L.D., M.A. Schmuckler, et J.A. Johnson. 1997. « The McGurk in infants ». *Perception & Psychophysics*, vol. 59, no3, p.347-357.
- Roy, J.-P. 2004. « Étude de la perception des gestes anticipatoires d'arrondissement par les sourds et les malentendants ». Thèse de doctorat en Sciences du langage, Université Marc Bloch, Strasbourg, France.
- Schwartz, J.L., C. Abry, L.-J. Boë et M. Cathiard. 2001. « Phonology in a theory of perception-for-action-control ». In *Phonology : from phonetics to cognition*, sous la dir. de Durand, J. et B. Laks, Oxford : University Press.
- Schwartz, J.-L., D. Beutemps, C. Abry, et P. Escudier. 1993. « Inter-individual and cross-linguistic strategies for the production of the [i] vs. [y] contrast ». *Journal of Phonetics*, no 21, 411-425.
- Schwartz, J.-L., F. Berthommier, et C. Savariaux. 2004. « Seeing to hear better : evidence for early audio-visual interactions in speech identification ». *Cognition*, no 93, p.69-78.
- Schwartz, J.-L., Boë, L.-J., Vallée, N. et C. Abry. 1997. « The Dispersion-Focalization Theory of vowel systems ». *Journal of Phonetics*, no 25, p.255-286.
- Stankov, L. et G. Spilsbury. 1978. « The measurement of auditory abilities of blind, partially sighted, and sighted children ». *Applied Psychological Measurement*, vol. 2, no 4, p.491-503.
- Starlinger, I. et W. Niemeier. 1981. « Do the blind hear better? Investigations on auditory processing in congenital or early acquired blindness. I. Peripheral Functions ». *Audiology*, no 20, p.503-509.
- Stevens, K.N. 1989. « On the quantal nature of speech ». *Journal of Phonetics*, no 17, p.3-45.
- Stevens, K.N. et S.E. Blumstein. 1981. « The search for invariant acoustic correlates of phonetics features ». In *Perspectives on the study of speech*, sous la dir. de Eimas, P.D. et J.L. Miller., Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, p.1-38.
- Sunby, W.H., et I. Pollack. 1954. « Visual contribution to speech intelligibility in noise ». *Journal Acoustic Society of America*, vol. 26, no 2, p.212-215.
- Summerfield, Q. 1979. « Use of visual information for phonetic perception ». *Phonetica*, no 36, p.314-331.
- Tiippana, K., T.S Andersen, et M. Sams. 2004. « Visual attention modulates audiovisual speech perception ». *European Journal of Cognitive Psychology*, no 16, p.457-472.

- Thomas, K., V. Prost, R. Espesser, et V. Rey. 2000. « Capacités phonologiques implicite et explicite chez les malvoyants ». *13^e Journées d'Étude sur la Parole*, Aussois (France).
- Tuomainen, J., T.S. Andersen, K. Tiippana, et M. Sams. 2005. « Audio-visual speech perception is special ». *Cognition*, no 96, p.B13-B22.
- Voss, P., M. Lassonde, F. Gougoux, M. Fortin, J.P. Guillemot, et F. Lepore. 2004. « Early- and late-onset blind individuals show supra-normal auditory abilities in far-space ». *Current Biology*, vol.14, no 19, p.1734-1738.
- Voss, P., F. Gougoux, M. Lassonde, R.J., Zatorre, et F. Lepore. 2006. « A positron emission tomography study during auditory localization by late-onset blind individuals ». *Neuroreport*, vol. 17, no 4, p.383-388.
- Warren, D.H. 1977. *Blindness and early childhood development*. American Foundation for the blind, New York.
- Witkin, H., J. Birnbaum, S. Lomonaco, S. Lehr, et J. Herman. 1968. « Cognitive patterning in congenitally totally blind children ». *Child Development*, no 39, p.767-786.
- Woodward, M.F. et C.G. Barber. 1960. « Phoneme perception in lipreading ». *Journal of Speech and Hearing Research*, no 3, p.212-222.